

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA SAMPAH (PLTSA) TEKNOLOGI *INCINERATOR*
(Studi Kasus: TPA Muaro Kiawai Kabupaten Pasaman Barat)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



UIN SUSKA RIAU

Oleh :

ADRIYANI SAPUTRA

11355103934

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2020**



LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI PEMBIANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLTSA) TEKNOLOGI INCINERATOR (Studi Kasus: TPA Muaro Kiawai Kabupaten Pasaman Barat)

TUGAS AKHIR

Oleh

ADRIYANI SAPUTRA
11255103934

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 23 Juni 2020

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Evi Imanredah, S.Kom., M.Kom.
NIP.19750922 200912 2 002

Pembimbing

Suci Afriani, ST, MT
NIP.198204142015032002

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLTSA) TEKNOLOGI INCINERATOR

(Studi Kasus: TPA Muaro Kiawai Kabupaten Pasaman Barat)

TUGAS AKHIR

Oleh

ADRIYANI SAPUTRA
11353103934

Telah dipertahankan di depan sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 23 Juni 2020

Pekanbaru, 23 Juni 2020

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Evi Imanudrah, S.Kom., M.Kom.
NIP.19750922 200912 2 002

DEWAN PENGUJI :

Ketua : Evi Imanudrah, S.Kom., M.Kom
Sekretaris : Susi Afriani, ST, MT
Anggota 1 : Dr. Liliana ST, M.Eng
Anggota 2 : Nanda Putri Miftahawati, B.Sc., M.Sc.



LEMBAR HAK ATAS KELAYAKAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia diperpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis referensi kepustakaan diperlukan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

1. Hak cipta dilindungi undang-undang
 - a. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 - b. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan didalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 23 Juni 2020

Yang membuat pernyataan,

ADRIYANI SAPUTRA
NIM.11355103934

UIN SUSKA RIAU

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.



LEMBAR PERSEMBAHAN



اَلَمْ نَشْرَحْ لَكَ صَدْرَكَ ۚ وَوَضَعْنَا عَنكَ وِزْرَكَ ۚ
اَلَمْ نَقْضِ ظَهْرَكَ ۚ وَرَفَعْنَا لَكَ ذِكْرَكَ ۚ اِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۚ
اِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۚ اِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ۚ وَلِيَكَ فَرَغَبٌ ۚ

Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Robbmulah hendaknya kamu berharap”.

(Q.S Al-Insyirah ayat: 7-8)

Yaa Allah Yaa Rahman Yaa Rohim

Sudah terlalu lama aku menyia-nyiakan waktu yang berharga ini dimasa studi

Jalan panjang dan terjal yang aku alami Engka utetap menguatkan

Hingga tercapai dan selesai tugas akhir ini sebagai syarat kelulusan dari Program Studi

Bersujud dan bersyukur di hadapan Mu Yaa Allah.

Alhamdulillahirabbil' alamin.

Teruntuk Ayah dan Umak

Terima kasih kepada kalian yang telah memberikan dukungan dan semangat

berdua membesarkan dan mendidiknya hingga menjadi orang yang sekarang ini

Maafkan anakmu ini yang masih selalu menyusahkanmu.

Dalam Do'a setiap sholatku aku selalu memintakan kepada Allah,

“Yaa Allah terima kasih Engka telah menempatkan kudiantara kedua orang tua yang sangat kuat dan tangguh. Yaa Allah berikanlah kesehatan, ketabahan dan kesabaran kepada orang tua ku dalam menafkahi sertamendidik dan menjagaku dan saudara kandungku.

Ya Allah ya tuhanku berikanlah balasan setimpal syurga firdaus

Untuk mereka dan jauhkanlah mereka dari panasnya api nerakamuya Allah.

Dengan Rasa Bangga Ku persembahkan Kepada :

Ayahanda (SainalAdri), Ibunda (Marta Yani)

Dan kepada Mak Uwo (Hj. Suriarna dan Bapak Uwoku (H. M. Nasir)

Terima kasih atas dukungan dan suport selama ini kadang aku merasa betapa bahaginya

Mempunyai dua mamak dan dua Bapak didunia ini ya allah atas doa dan dukungan kalian

aku tak bisa seperti ini.

-----Terimakasih-----

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

“Dalam setiap langkahku aku berusaha

Mewujudkan harapan-harapan yang kalian

Impikan diriku, meski belum semua itu kuraih,

Inshaallah atas dukungan dan restu semua mimpi itu

Akan terjawab di masa penuh kehangatan nanti. Seterusnya

Kupersembahkan ungkapan terima kasihku kepada: Adik – adik dan Abangku

(Ahmad didi satria, Muhammad Ramadandi, Muhammad Nurul Khwan, Mipratul Sani)

Terima kasih atas segala dukungan dan doa yang telah diberikan. Abang banggasama kalian,

Dalam menyelesaikan perkuliahan yang tidak tepat waktu. Akan tetapi ambillah contoh

Perjuangan abang yang tidak kenal lelah dan tidak pernah menyerah dalam

Menyelesaikan suatu permasalahan

YANG HARUS KALIAN TAU!!!

Selama ini abang selalu berusaha sekuat tenaga agar dapat

Menyelesaikan perkuliahan tepat waktu, tapi apakah dayakita

Sebagaimana usia hanya bisa berencana, keputusan beradaditangan

Allah SWT”.

Ingat Kesuksesan Berawal Dari Keinginan Dan Kerja Keras

---I Love You My Brother's---

UIN SUSKA RIAU



Analisis Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Teknologi *Incinerator* di TPA Muaro Kiawai Kabupaten Pasaman Barat

ADRIYANI SAPUTRA

NIM: 11355103934

Tanggal Sidang : 23 Juni 2020

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Penggunaan bahan bakar fosil masih mendominasi sebagai bahan bakar pembangkit listrik, kondisi ini membuktikan bahwa kita masih bergantung pada energi fosil. Perlu adanya usaha yang serius dan sistematis untuk mengembangkan dan menerapkan sumber energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil khususnya di Kabupaten Pasaman Barat pertumbuhan penduduk semakin lama semakin meningkat mengakibatkan peningkatan terhadap energi semakin meningkat sehingga terdapat rasio elektrifikasi di kabupaten pasaman barat sebesar 85% sehingga masih ada 15% yang belum teraliri listrik salah satunya Desa Gunung Tuleh tidak tercapainya listrik kedesa tersebut dikarenakan kekurangan energi listrik dan dilihat dari penurunan terhadap kualitas lingkungan. Masalah lain yang ditimbulkan dari perkembangan penduduk yang sangat pesat juga meningkatkan masalah terhadap volume timbunan sampah, timbunan sampah yang ada di Kabupaten Pasaman Barat menimbulkan permasalahan terhadap masyarakat baik dari udara dan tanah sehingga mengakibatkan pencemaran bagi masyarakat yang tinggal disekitaran TPA tersebut. setelah dilihat dari volume sampah di TPA Muaro Kiawai, pada tahun 2019 volume timbunan sampah yang ada di TPA Muaro Kiawai sebesar 1.462,70 Ton apabila dimanfaatkan menjadi energi listrik menghasilkan energi sebesar 9.122,5 kW/hari. Teknologi yang dapat diterapkan untuk menghasilkan energi listrik adalah teknologi *Incinerator*. Berdasarkan perhitungan analisis teknis PLTSa teknologi *incinerator* maka didapatkan hasil *High Heating Value* 13,28Mj/Kg dan *Low Heating Value* 12,12 Mj/Kg dan potensi energi TPA Muaro Kiawai sebesar 12,657,74 MJ/Kg. Panas pembakaran di ruang bakar *Incinerator* sebesar 17.013.630,354 Kj/jam dan jumlah kalor yang keluar dari *Incinerator* sebesar 13.610.904,29 Kj/jam serta menghitung laju aliran masa uap pada boiler sebesar 6.568,65 Kj/jam dan daya yang dibangkitkan dari generator sebesar 9.122,5 kW/hari. Analisis ekonomi menggunakan metode *Cost Benefit Analysis* dengan parameter *Cash Flow*, *NPV*, dan *Peyback Period*. Selama masa proyek 20 tahun tingkat suku bunga sebesar 5% menghasilkan *Payback Period* 1,7 tahun. Dari parameter teknis dan ekonomi maka potensi ini dinilai memiliki kelayakan yang baik.

Kata kunci: Fosil, energi sampah, teknologi *Incinerator*, daya listrik, *Cost benefit analysis*.



Technical and Economic Analysis of Waste Waste Power Generation (PLTSa) Incenerator Technology at Muaro Kiawai Landfill, Pasaman Barat Regency

ADRIYANI SAPUTRA
NIM: 11355103934

Session Date: June 23, 2020

Electrical Engineering Study Program

Faculty of Science and Technology
Sultan Syarif Kasim Riau State Islamic University, Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRACT

The use of fossil fuels still dominates as fuel for electricity generation, this condition proves that we are still dependent on fossil energy. There needs to be a serious and systematic effort to develop and implement renewable energy sources to reduce dependence on fossil energy, especially in West Pasaman Regency. Population growth is increasingly increasing resulting in an increase in energy so that there is an electrification ratio in the West Pasaman Regency by 85% so that there is still 15% of the electricity that has not yet been electrified is one of the villages of Gunung Tuleh not achieving electricity in the village due to lack of electrical energy and seen from a decrease in environmental quality. Another problem arising from the rapid population development also increases the problem of the volume of landfill waste, the landfill in Pasaman Barat Regency causes problems for the public both from the air and land, resulting in pollution for the people who live around the landfill. after looking at the volume of waste in the Muaro Kiawai landfill, in 2019 the volume of waste in the Muaro Kiawai landfill is 1,462.70 tons when used as electricity to produce 9122.5 kW / day. The technology that can be applied to produce electricity is Incinerator technology. Based on the calculation of the technical analysis of PLTSa incinerator technology the High Heating Value of 13.28 MJ / Kg and Low Heating Value of 12.42 MJ / Kg and the potential energy of the Muaro Kiawai TPA of 12,657.74 MJ / Kg. The heat of combustion in the Incinerator combustion chamber is 17,013,630,354 Kj / hour and the amount of heat coming out of the Incinerator is 13,610,904.29 Kj / hour and calculates the steam mass flow rate on the boiler of 6,568.65 Kj / hour and the power generated from the generator is equal to 9,122.5 kW / day. Economic analysis using the Cost Benefit Analysis method with parameters Cash Flow, NPV, and Payback Period. During the 20-year project period an interest rate of 5% produces a Payback Period of 1.7 years. From the technical and economic parameters, this potential is considered to have good feasibility.

Komunitas Keywords: Fosil, solid energy, Incinerator technology, electric power, Cost benefit analysis.



KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikumwarahmatullahiwabarakatuh

Alhamdulillah Rabbil 'Alamin, Puji dan syukur selalu tercurah kehadiran Allah SWT atas limpahan Rahmat, Nikmat, Ilmu, dan Karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat mengerjakan dan akhirnya menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **"ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLTSA) TEKNOLOGI INCINERATOR STUDI KASUS TPA MUARO KIAWAI"** sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Shalawat beserta salam penulis hadiahkan kepada Nabi Muhammad Shalallahu'Alaihi Wassalam yang merupakan suri tauladan bagi kita semua, semoga kita semua termasuk dalam umatnya yang kelak mendapat syafa'at dari beliau di akhirat kelak.

Banyak sekali yang telah penulis peroleh berupa ilmu pengetahuan dan pengalaman selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Elektro. Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat berguna bagi semua pihak yang memerlukannya. Penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Makadariitu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang setulusnya kepada pihak-pihak yang terkait berikut:

1. Bapak Sainal Adri, S.Pd dan Ibuk Martayani S.Pd, selaku orang tua penulis yang telah mendo'akan dan memberikan dukungan, serta motivasi agar penulis dapat tawakkal dan sabar sehingga sukses memperoleh kelancaran dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Bapak Prof. Dr.H. Ahmad Mujahidin, S.Ag. M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Dr. H. Mas'ud Zein, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Kasim Riau.



4.

Ibu Ewi Ismaredah, S.Kom, M.Kom selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

5.

Bapak Mulyono, ST, MT, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

6.

Bapak Ahmad Faizal, ST, MT, selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

7.

Ibu Susi Afriani, ST., MT, selaku dosen pembimbing yang luar biasa serta selalu membantu memberikan inspirasi, motivasi dan kesabaran memberikan arahan maupun kritikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

8.

Ibu Liliana, ST., M.Eng, selaku Dosen Penguji I dan Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc, M.Sc, selaku dosen penguji II yang telah banyak memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.

9.

Bapak Abdillah, S.SI., M.IT, dosen Penasehat Akademik dan Pembimbing Akademik yang mengarahkan dan membimbing penulis dalam menyelesaikan pendidikan (S1) di Program Studi Teknik Elektro konsentrasi Energi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

10.

Pimpinan, staff dan karyawan Program Studi Teknik Elektro serta Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

11.

Abang dan adik - adik yang Tercinta (Ahmad Didi Satria, Muhammad Ramadandi, Muhammad Nurul Ikhwan, Mipratul Sani) yang selalu memberikan dukungan semangat dan motivasi selama penulis kuliah di Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

12.

Sahabat – sahabat terbaik senasib dan seperjuangan (Surya Darma, Herian Desra, Akber Ilham Musdaliandri, Aviandi Ramadhan, Randi Dea Arhashi, Nikmal Efendi, Riadi Habibi Nasution, Fadillah) selalu bersama – sama memberikan dukungan semangat dan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

13.

Semua pihak yang telah banyak membantu dan memberi motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini mulai dari awal hingga selesai, yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya semogailmu yang diberikan kepada penulis dapat bermanfaat.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber;

5.

6.

7.

8.

9.

10.

11.

12.

13.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



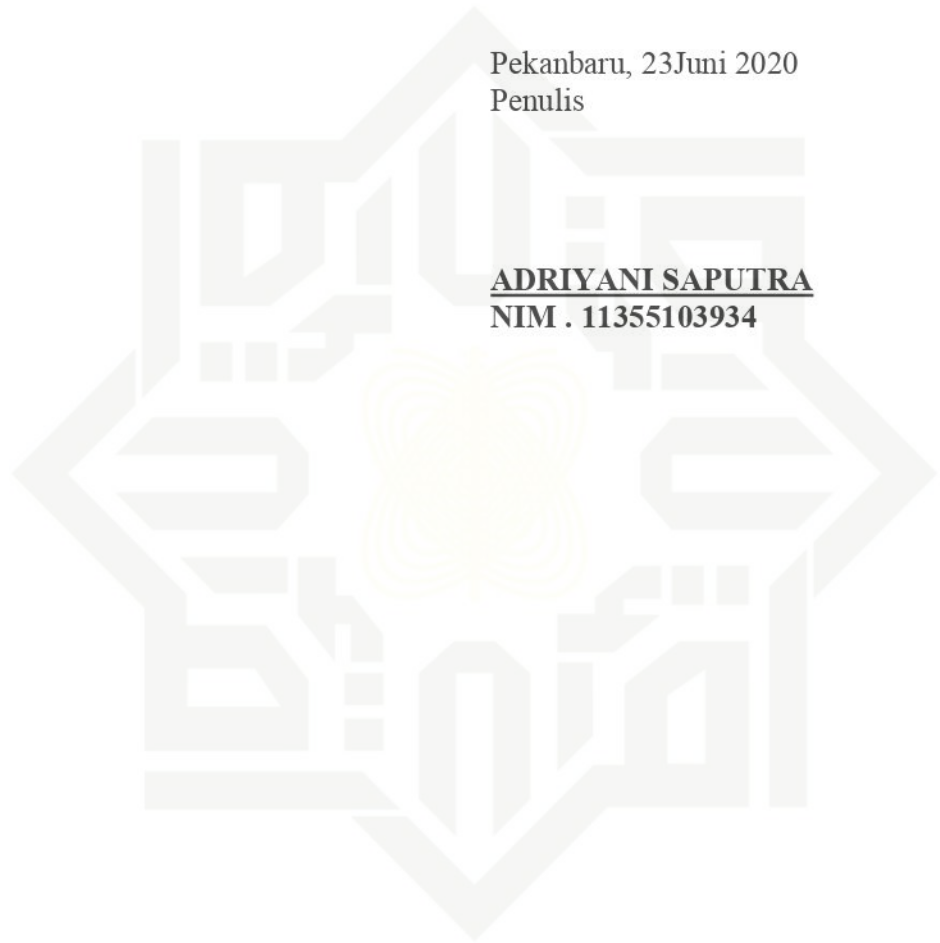
Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan serta kesalahan, untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis menerima segala saran serta kritik yang bersifat membangun, agar lebih baik dimasa yang akan datang.

Harapan penulis, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis sendiri khususnya, serta memberikan manfaat yang luar biasa bagi pembaca dimasa mendatang. Aamiin.

Wassalamu'alaikumwr.wb.

Pekanbaru, 23 Juni 2020
Penulis

ADRIYANI SAPUTRA
NIM . 11355103934



UIN SUSKA RIAU



DAFTAR ISI

HALAMAN COVER

LEMBAR HAK ATAS KELAYAKAN.....	i
--------------------------------	---

LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
------------------------	----

LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iii
-------------------------	-----

ABSTRAK.....	iv
--------------	----

ABSTRAK.....	v
--------------	---

KATA PENGANTAR.....	vi
---------------------	----

DAFTAR ISI.....	vii
-----------------	-----

DAFTAR GAMBAR.....	viii
--------------------	------

DAFTAR TABEL.....	ix
-------------------	----

DAFTAR PERSAMAAN.....	x
-----------------------	---

DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
----------------------	----

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	I-1
-------------------------	-----

1.2 Rumusan Masalah.....	I-6
--------------------------	-----

1.3 Tujuan Penelitian.....	I-6
----------------------------	-----

1.4 Batasan Masalah.....	I-6
--------------------------	-----

1.5 Manfaat Penelitian.....	I-7
-----------------------------	-----

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait.....	II-1
-----------------------------	------

2.2 Landasan Teori.....	II-4
-------------------------	------

2.2.1 Jenis-jenis Sampah.....	II-4
-------------------------------	------

2.2.1.1 Karakteristik Sampah.....	II-6
-----------------------------------	------

2.2.2.2 Komposisi Sampah.....	II-7
-------------------------------	------

2.2.2.3 Pengolahan Sampah.....	II-7
--------------------------------	------

2.2.2.4 Analisis Sampah Masuk Insinerasi.....	II-8
---	------

2.2.3. Pengertian <i>Incenerator</i>	II-11
--	-------

2.2.3.1 Tipe-Tipe <i>Incenerator</i>	II-11
--	-------

2.2.3.2 Proses Pada <i>Incenerator</i>	II-15
--	-------

2.2.3.3 Desain Pada <i>Incenerator</i>	II-16
--	-------

2.2.3.4 Komponen Pada <i>Incenerator</i>	II-18
--	-------

2.2.4. Menghitung Nilai Sampah Dan Analisis Teknis Pada <i>Incenerator</i>	II-19
--	-------



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2.4.1 Untuk Menghitung Nilai Ultimate Pada Sampah.....	II-19
2.2.4.2 Potensi Energi Dari Sampah Tpa Muaro Kiawai.....	II-21
2.2.4.3Menghitung <i>Incenerator</i>	II-22
2.2.4.4 Sitem Pembersih Gas.....	II-23
2.2.4.5MenghitungBoiler	II-23
2.2.4.6 Menghitung Kinerja Turbin Uap.....	II-23
2.2.4.7Menghitung Generator.....	II-25
2.2.5. AnalisisEkonomiPLTSa Teknologi <i>Incenerator</i>	II-25
2.2.5.1 Analisa Kelayakan <i>Finacial</i>	II-26
2.2.5.2 Analisa Ekonomi Menggunakan <i>RETScreen Expert</i>	II-28

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian	III-1
3.2 Prosedur Penelitian	III-1
3.3 Diagram Alur Penelitian.....	III-2
3.4Tahapan Perencanaan.....	III-3
3.4.1 Studi Literatur	III-3
3.4.2Studi Pendahuluan.....	III-3
3.4.3IdentifikasiMasalah.....	III-3
3.4.4Penentuan Judul.....	III-3
3.4.5Rumusan Masalah.....	III-3
3.4.6 Tujuan Masalah.....	III-3
3.5 Pengumpulan Data	III-4
3.6 Analisis Teknis PLTSa Teknologi <i>Inceneratot</i>	III-4
3.6.1Menghitung Potensi Listrik Dari Sampah.....	III-4
3.6.2Menghitung <i>Incenerator</i>	III-5
3.6.3Unit Pembersih Gas	III-5
3.6.4 Boiler	III-5
3.6.5.Menghitung Turbin Uap.....	III-6
3.6.7 Menghitung Generator.....	III-6
3.7 AnalisisEkonomi PLTSA Teknologi <i>Incinerator</i>	III-6
3.8 AnalisisKelayakan <i>Financial</i>	III-7
3.9 Analisis Ekonomi Teknologi <i>IncineratorRETScreen Expert</i>	III-8



3.10	Kesimpulan Dan Saran.....	III-9
BAB IV Analisa Dan Hasil.....IV-1		
4.1	Gambaran Umum TPA Muaro Kiawai.....	IV-1
4.2	Jumlah Sampah Di TPA Muaro Kiawai.....	IV-2
4.3	Data <i>Proksimat</i> Dan <i>Ultimat</i> Sampah di TPA Muaro Kiawai.....	IV-3
4.4	Analisi Teknis PLTSA Teknologi <i>Incinerator</i>	IV-5
4.4.1	Menghitung Potensi Energi TPA Muaro Kiawai.....	IV-6
4.4.2	Menghitung <i>Incinerator</i>	IV-7
4.4.3	Sistem Pembersih Gas.....	IV-8
4.4.4	Menghitung <i>Boiler</i>	IV-9
4.4.5	Menghitung Kinerja Turbin Uap.....	IV-10
4.4.6	Menghitung Generator.....	IV-12
4.5	Analisi Ekonomi PLTSA Teknologi <i>Incinerator</i>	IV-13
4.5.1	Perhitungan Biaya Investasi Komponen Produksi.....	IV-14
4.5.2	Menghitung Biaya Komponen Pendapatan.....	IV-15
4.6	Analisis <i>Financial</i>	IV-16
4.6.1	<i>Cash Flow (CF)</i>	IV-16
4.6.2	<i>Net Present Value (NPV)</i>	IV-21
4.6.3	<i>Payback Period (PBP)</i>	IV-22
4.7	Analisis Ekonomi Menggunakan <i>RETScreen Expert</i>	IV-22
BAB V Kesimpulan Dan Saran..... V-1		
5.1	Kesimpulan.....	V-1
5.2	Saran.....	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

1. Cipta Dilindungi Undang-Undang
2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
3. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR TABEL

Tabel

Halaman

2.1	Potensi Sampah Organik di TPA Muaro Kiawai tahun 2019	II- 5
2.2	Karakteristik Sampah Organik Kabupaten Pasaman Barat	II- 7
4.3	Nilai <i>Ultimate</i> Sampah TPA Muaro Kiwai.....	IV-5
4.4	Spesifikasi <i>Incenerator</i>	IV- 7
4.5	Spesifikasi <i>Boiler Tipe CFB</i>	IV -9
4.6	Spesifikasi TurbinUap	IV- 10
4.7	Hasil perhitungan daya keluaran PLTSa <i>Incenerator</i>	IV- 13
4.8	Biaya investasi PLTSa <i>Incenerator</i>	IV- 14
4.9	Total Biaya O&M.....	IV- 15
4.10	Total <i>Cash Flow Benefit</i>	IV- 18
4.11	Total <i>Cash Flow Cost</i>	IV- 20
4.12	Total Nilai <i>Net Present Value</i>	IV- 21



DAFTAR PERSAMAAN

Rumus

Halaman

2.1	Jumlah timbul sampah TPA Muaro Kiawai.....	II-5
2.2	Menghitung persentase dari <i>Fixed Carbon on a dry</i>	II-18
2.3	Menghitung persentase dari <i>Volatile Matter on a dry</i>	II-19
2.4	Menghitung persentase Carbon.....	II-20
2.5	Menghitung Persentase Nitrogen	II-20
2.6	Menghitung Persentase Hidrogen	II-20
2.7	Menghitung Persentase Oksigen	II-20
2.8	Menghitung <i>High Heating Value (HHV)</i>	II-20
2.9	Menghitung <i>Light Heating Value (LHV)</i>	II-21
2.10	Menghitung Potensi Energi Sampah TPA Muaro Kiawai.....	II-22
2.11	Menghitung Panas Pembakaran di ruang <i>Incenerator</i>	II-22
2.12	Menghitung laju panas yang keluar dari <i>Incenerator</i>	II-22
2.13	Menghitung Laju Aliran Masa Uap.....	II-22
2.14	Menghitung Kualitas Uap keluar proses isentropik	II-23
2.15	Menghitung Entalpi keluar turbin proses isentropik.....	II-24
2.16	Menghitung kerja isentropik dan adiabatik	II-24
2.17	Menghitung keluaran kerja yang dapat diukur dari suatu turbin adiabatik ...	II-24
2.18	Menghitung enthalpi uap spesifik turbin	II-24
2.19	Menghitung Keluaran Generator.....	II-25
2.20	Menghitung Investasi Incenerator	II-25
2.21	Menghitung Investasi Boiler	II-25
2.22	Menghitung Investasi Turbin Uap.....	II-25
2.24	Menghitung O&M terkait	II-26
2.25	Menghitung O&M tetap	II-26
2.26	Menghitung Pendapatan Tahunan.....	II-26
2.29	Menghitung <i>Cash Flow Cost (CFC)</i>	II-28
2.30	Menghitung <i>Payback Period (PBP)</i>	II-28



DAFTAR LAMPIRAN

LampiranHalaman

Lampiran A	A1
Lampiran B	B1
Lampiran C	C1

Hak Cipta Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang menjiplak atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan bertambahnya populasi manusia dan melesatnya perkembangan pada pembangunan mengakibatkan kebutuhan konsumsi energi listrik juga mengalami peningkatan pemakaian. Meningkatnya kebutuhan energi listrik akan memberikan dampak pada besarnya biaya yang harus dikeluarkan sesuai dengan beberapa besar konsumsi energi listrik khususnya sektor gedung dan bangunan. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), konsumsi energi adalah besarnya energi yang di gunakan oleh bangunan gedung dalam periode waktu tertentu dan merupakan perkalian daya dan waktu operasi [1].

Energi merupakan salah satu bagian dari sumber daya yang memiliki peranan sangat penting bagi penggerak pembangunan ekonomi baik dalam aktifitas produksi, distribusi, hingga konsumsi. Energi cenderung berasal dari sumber yang di peroleh langsung baik sumber biologis seperti kayu, kotoran, sinar matahari untuk keperluan pengeringan, maupun usaha manusia juga bersumber dari biologis lainnya misalnya hewan. Bahan bakar fosil menjadi bahan bakar utama pada saat ini dikarenakan kurangnya pemanfaatan energi terbarukan. Pada sektor kelistrikan, bahan bakar fosil sangat dominan digunakan sampai saat ini. Bahan bakar fosil masih menjadi sumber energi yang dominan dalam permintaan energi seluruh dunia termasuk Indonesia [2].

Ketergantungan masyarakat Indonesia dalam mengonsumsi energi fosil masih sangat besar selama periode proyeksi 2016 – 2050, harga untuk semua jenis energi fosil diasumsikan cenderung meningkat dengan pertumbuhan yang tidak sama tergantung dari perkembangan harga masing-masing jenis energi saat ini. Harga batubara diasumsikan meningkat 1,2% per tahun, gas bumi 0,9% per tahun, minyak solar dan minyak bakar 2,3% per tahun dan biomasa 1,2% per tahun [1]. Dalam Sidang Paripurna DEN ke-3 tanggal 22 Juni 2016 yang dipimpin oleh Presiden Republik Indonesia, telah disepakati dan disetujui substansi Rancangan Peraturan Presiden tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) sebagai acuan dalam pengembangan sektor energi di Indonesia. Dokumen RUEN diantaranya memuat proyeksi pasokan dan kebutuhan (*supply and demand*) energi hingga tahun 2050 dengan fokus pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT). Pengembangan energi terbarukan sangat diperlukan karena pasokan energi fosil semakin

lalu semakin menipis, dan harganya pun semakin mahal, di Indonesia terdapat 33 Provinsi yang sangat banyak potensi EBT yang bisa dimanfaatkan tapi belum ada pergerakan untuk pemanfaatannya salah satunya provinsi Sumatera Barat yang pengembangan energi terbarukan masih sedikit [1].

Di provinsi Sumatera Barat masih memanfaatkan energi fosil sebagai salah satu bahan utama untuk keperluan masyarakat, di Provinsi Sumatera Barat memiliki jumlah penduduk semakin meningkat dari tahun 2015 berjumlah 5,19 juta jiwa, pada tahun 2017 sebesar 5,32 juta jiwa [3]. Dari data kependudukan terjadi peningkatan. Terjadinya peningkatan penduduk maka kebutuhan listrik di Sumatera Barat semakin meningkat, mengakibatkan energi fosil yang digunakan mengalami penipisan disebabkan adanya peningkatan konsumsi energi listrik. Untuk menanggulangi kekurangan ketersediaan energi fosil yang ada di Provinsi Sumatera Barat maka harus ada pemanfaatan terhadap energi terbarukan yang bersumber dari alam dan lingkungan yang ada di setiap kabupatennya.

Di Provinsi Sumatera Barat terdapat 12 kabupaten yaitu Kepulauan Mentawai, Pesisir Selatan, Solok, Sijunjung, Tanah Datar, Padang Pariaman, Agam, Lima Puluh Kota, Pasaman, Solok Selatan, Dharmasraya, Pasaman Barat dari beberapa Kabupaten yang ada di Provinsi Sumatera barat terdapat timbunan sampah yang bisa dimanfaatkan salah satunya timbunan sampah yang ada di TPA Kabupaten Pasaman Barat [3].

Kabupaten Pasaman Barat memiliki masalah terhadap timbunan sampah yang sangat berpotensi untuk dijadikan energi listrik, rasio elektrifikasi Kabupaten Pasaman Barat mencapai 85% [5]. Hal ini membuktikan masih ada sebesar 15% daerah yang belum teraliri listrik salah satunya adalah desa Gunung Tuleh. Berdasarkan hasil wawancara yang diperoleh dari pihak PT.PLN yaitu dengan Bapak Ridho selaku SUPV Transaksi Energi belum cukupnya daya ke desa tersebut dikarenakan desa tersebut sangat jauh dari desa yang sudah dialiri listrik sehingga banyak daya yang harus disediakan supaya bisa teralirkan kedesa tersebut karena desa tersebut berada di daerah pegunungan yang jauh dari gardu induk sehingga terjadi kekurangan daya untuk desa tersebut [6].

Kabupaten Pasaman Barat adalah salah satu Kabupaten di Sumatera Barat dengan luas wilayah 3.887,77 km dengan total jumlah penduduk pada tahun 2017 mencapai 427.295 jiwa [7]. Total kapasitas yang dihasilkan oleh pembangkit listrik di Kabupaten Pasaman Barat tahun 2018 sebesar 30 MVA atau 30.000 kW sementara pemakaian listrik



di Kabupaten Pasaman Barat pada tahun 2018 sebesar 28.301 kW/hari. Menurut hasil wawancara yang dilakukan peneliti terhadap pihak PT.PLN yaitu dengan Bapak Ridho selaku SUPV Transaksi Energi maka didapatkan kesimpulan bahwa belum adanya rencana dalam waktu dekat untuk pembangunan aliran listrik ke desa Gunung Tuleh Tersebut mengingat jarak dan biaya yang dikeluarkan tidak sesuai dengan kondisi saat ini [6]. Untuk mengatasi masalah kekurangan listrik yang ada di Kabupaten Pasaman Barat dan untuk menutupi rasio elektrifikasi maka perlu dilakukan pemanfaatan EBT dari timbunan sampah [8].

Timbunan sampah yang diproduksi dari aktivitas manusia sehari-hari yang bersumber dari sektor rumah tangga, perkotaan, hotel, rumah sakit dan tempat pariwisata dan sampah pasar. Kabupaten Pasaman Barat terdapat tempat pembuangan sampah akhir yaitu TPA Muara Kiawai, TPA ini salah satu tempat pembuangan sampah akhir yang terletak di Jorong Kartini, Nagari Muaro Kiawai, Kecamatan Gunung Tuleh Kabupaten Pasaman Barat Provinsi Sumatra Barat. TPA Muaro Kiawai mempunyai luas lahan sekitar 10 hektar. Berdasarkan data yang di dapat dari Badan Lingkungan Hidup Kebersihan dan Pertamanan (BLHKP) Kabupaten Pasaman Barat, sumber timbunan sampah terbanyak berasal dari pemukiman (16,7%) di susul oleh sampah pasar (7,7%). Berat sampah rumah tangga sebesar 0,95 kg/orang/hari dan rata-rata berat sampah kering sebesar 0,45 kg/orang/hari dan total keseluruhan adalah 1,4 kg/orang/hari. Sedangkan untuk perkotaan dan perkantoran rata-rata berat sampah basah 12 kg/orang/hari dan untuk sampah kering 33kg/orang/hari dan total keseluruhan adalah 45 kg/orang/hari [8]. Sampah yang dihasilkan masyarakat tidak seimbang dengan sampah yang di olah TPA karena Setiap hari sampah di TPA tersebut semakin bertambah dan menumpuk seiring dengan pertumbuhan penduduk. Berbagai masalah yang ditimbulkan dari timbunan sampah yang tinggal di sekitar lingkungan TPA tersebut baik dari air, udara, tanah dan lain - lainnya [8].

Pada tahun 2019 timbunan sampah yang ada di TPA Muaro Kiawai sebanyak 1.462,70 Ton. Sampah yang akan diangkut ke TPA harus dikumpulkan dulu di tempat pengumpulan sementara sebelum diangkut ke tempat pembuangan akhir. Sampah yang masuk ke tempat pengumpulan sampah akhir tersebut akan ditimbun begitu saja atau di sebut juga dengan *sanitary landfill* sehingga sampah tersebut tidak terurai dengan baik sehingga banyak menimbulkan permasalahan di sekitar timbunan sampah. Permasalahan yang paling menonjol yaitu air sungai sekitaran TPA tercemari air lindi sehingga warga



yang berada di sekitaran aliran air sungai tersebut tak bisa lagi memanfaatkan air sungai tersebut karena sungai tersebut tercemar oleh air yang berada dari TPA tersebut, bau busuk yang terdapat didalam timbunan sampah tersebut sehingga banyak menimbulkan penyakit saluran pernapasan, timbunan sampah tersebut juga menghalangi transportasi penduduk yang ada disekitaran TPA karena jalan satu-satunya menuju kebun mereka masih melewati sekitaran TPA [8]. Sampah di ubah menjadi energi listrik dan untuk meningkatkan kualitas lingkungan sudah tertuang dalam Pasal 4 Undang-Undang No18 Tahun 2008 tentang pengolahan sampah, serta untuk meningkatkan peran listrik berbasis energi terbarukan sebagai mana di tetapkan dalam pembangunan nasional [9]. Maka dari itu sangat perlu untuk dilakukan pembangunan Pembangkit listrik Tenaga Sampah PLTSA dari timbunan sampah yang ada di TPA Muaro Kiawai.

Dari berbagai metode dan teknologi yang digunakan dari penelitian terdahulu ada beberapa metode yang digunakan untuk menanggulangi permasalahan terhadap timbunan sampah yaitu Gas Metana, *Sanitary landfill*, *Komposting*, *Anaerobic Disgestion* dan *Incenerator*. *Incenerator* adalah metode yang sangat bagus digunakan dikarenakan sistem kerjanya yang ramah lingkungan dan sistem pengoperasiannya juga begitu cepat sehingga bisa memusnahkan terhadap masalah timbunan sampah.

Teknologi *incinerator* ini adalah alat pembakar sampah yang menghasilkan suhu mencapai 800°C hingga 1200°C sehingga dapat memusnahkan hampir seluruh jenis sampah baik sampah pasar maupun sektor rumah tangga. Selain pembakaran yang terbilang sempurna, beberapa *incinerator* telah lulus uji emisi sehingga terbilang ramah lingkungan. Teknologi *Incinerator* merupakan salah satu kandidat pembangkit listrik utama ataupun alternatif karena menghasilkan suhu yang tinggi yang dapat dimanfaatkan untuk energi listrik dengan proses *thermal*. Di dalam *incinerator* mampu membakar sampah antara 1200 hingga 1800 liter sampah, sampah yang dibakar yaitu sampah organik perkotaan, dengan waktu 30 menit hingga 1 jam sehingga bisa memusnahkan sampah mencapai 500 Ton/hari dengan kapasitas listrik yang dihasilkan 7 MW atau 7000 kW. Jika di manfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga sampah maka teknologi *incinerator* mampu mengurangi permasalahan sampah yang ada di kota-kota padat penduduknya terutama di Kabupaten Pasaman Barat [10].

Berdasarkan peraturan Menteri ESDM No. 11 tahun 2017 tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan untuk penyediaan tenaga listrik menyatakan bahwasanya PLN



wajib membeli tenaga listrik dari pembangkit tenaga listrik yang memanfaatkan energi terbarukan, sehingga diperlukan suatu teknologi untuk menyalurkan energi listrik dengan tepat ke konsumen, salah satunya dengan menggunakan teknologi *on grid system* [11]. Sehingga sangat diperlukan suatu teknologi yang bisa menyalurkan energi listrik dengan tepat ke pelanggan atau konsumen yaitu dengan menggunakan teknologi *on grid system*. Sistem pembangkit yang terhubung secara langsung dengan saluran distribusi 20 kv kepada PLN, peningkatan stabilitas sistem tenaga listrik dapat berdampak pada sistem ini, dengan teknologi *on grid system* ini dapat memberikan energi tambahan pada jaringan distribusi tenaga listrik [12]. Sebelum terkoneksi ke jaringan PLN persaratan penyambungan Pembangkit Tenaga Listrik Energi Terbarukan PLTEBT ke sistem distribusi PLN dan yang harus dilakukan adalah berupa studi dan analisis penyambungan, dalam hal ini akan di sambungkan dengan penyulang terdekat [13].

TPA Muaro Kiawai berada di kawasan desa Muaro Kiawai, sistem kelistrikanya terletak pada jaringan distribusi PLN Rayon Simpang Empat. Di sekitar TPA Muaro Kiawai terdapat 19 penyulang yang disediakan oleh Gardu Induk Simpang Empat yang memiliki 4 buah penyulang yang terdekat diantaranya, *Feeder Air Gadang*, *Feeder Paraman*, *Feeder Air Haji*, dan *Feeder Exspress Ujung Gading*. Berdasarkan penjabaran di atas pada penelitian ini pembangkit listrik yang akan dianalisis akan dihubungkan menggunakan sistem *on grid system* dimana PLTSa akan dihubungkan dengan jaringan PLN atau dengan penyulang terdekat yang berada di sekitar PLTSa yang akan di analisis [16].

Dengan adanya rencana penambahan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) sejalan dengan program pemerintahan melalui Peraturan Menteri Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No 50 Tahun 2017 menjelaskan tentang kebijakan meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan untuk kepentingan ketenagalistrikan nasional, pada peraturan menteri ini menawarkan bentuk pembelian energi listrik dari energi terbarukan sehingga dapat mendorong minat investor untuk pengembangan energi listrik berbasis biomassa yang akan di jual ke PT PLN [11].

Dari permasalahan sampah yang ada di TPA Muaro Kiawai ketika ingin mengembangkan peneliti harus membahas tentang masalah ekonomi karena digunakan untuk mengevaluasi kelayakan suatu proyek apakah dapat diterima atau tidak dimasyarakat, proyek yang akan dibangun harus sesuai dengan suku bunga yang



sekarang, sehingga dapat digunakan untuk menghitung nilai sekarang dan arus kas masa depan, selanjutnya untuk melakukan analisis ekonomi ada beberapa yang harus dihitung salah satunya *Cash Flow (CF)* digunakan untuk menghitung aliran masuk dan aliran keluar pada masa proyek berjalan, selanjutnya dihitung dengan *Net Present Value (NPV)* digunakan untuk mengevaluasi kelayakan suatu proyek dan untuk menghitung besarnya keuntungan dan untuk melunasi jumlah modal yang terpakai dalam proyek ini maka yang dipinjam agar tercapai keseimbangan ke arah nol dengan pertimbangan keuntungannya, *Payback periode (PBP)* digunakan untuk menghitung berapa lama pengembalian modalnya serta memulihkan semua biaya investasi, maka digunakanlah perhitungan dengan parameter perhitungannya dianalisis kelayakan *financial*[14]. Untuk menghitung nilai ekonomi di PLTSa teknologi *incinerator* maka peneliti menggunakan simulasi ekonomi *RETScreen Expert* untuk melakukan perhitungan parameter ekonominya.

Dari penjabaran diatas untuk mengatasi permasalahan sampah dan ketersediaan energi listrik di Kabupaten Pasaman Barat akan dilakukan analisis teknis dan ekonomi pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) yang akan di *on grid system* dengan penyulang terdekat. Oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul **“Analisis Teknis Dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Teknologi Incinerator di TPA Muaro Kiawai Kabupaten Pasaman Barat”**.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, perumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah apakah proyek pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) layak untuk dianalisis dari aspek teknis dan ekonominya, sehingga bisa menghasilkan energi listrik dan menyelesaikan permasalahan sampah yang ada di TPA Muaro Kiawai Kabupaten Pasaman Barat.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain adalah:

1. Menganalisis potensi energi yang terkandung dari sampah yang ada di TPA Muaro Kiawai.
2. Menganalisis aspek teknis Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Teknologi *Incinerator* di TPA Muaro Kiawai.



3.

Menganalisis aspek ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Teknologi *Incinerator* di TPA Muaro Kiawai menggunakan software *RETScreen Expert*.

1.4

Batasan Masalah

Agar tugas akhir ini lebih terarah dan dapat mencapai hasil yang diinginkan, oleh karena itu penulis akan membatasi tugas akhir ini sebagai berikut :

1.

Bahan baku yang digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa)

2.

Teknologi *incinerator* adalah sampah organik yang terdapat di TPA Muaro Kiawai.

3.

Proses penguraian energi kalor menggunakan teknologi *incinerator*.

4.

Tidak untuk membahas sifat-sifat gas hanya sebatas penggunaan uap panas untuk pembangkitan listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) teknologi *Incinerator*.

5.

Tidak membahas secara detail tentang penyambungan (PLTSa) teknologi *Incinerator* ke jaringan utama PLN.

6.

Hanya membahas analisa teknis dan ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Teknologi *Incinerator*.

7.

Analisis teknis dilakukan secara manual berdasarkan persamaan yang di rujuk dari buku dan jurnal.

8.

Analisis ekonomi hanya menghitung nilai *Net Present value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR) dan *Payback Periode* (PP) dihitung dengan menggunakan Software *RETScreen Expert*.

1.5

Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang di diharapkan dari penelitian ini adalah :

1.5.1

Manfaat Ilmiah

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk menambah ilmu literatur perkembangan ilmu pengetahuan dibidang pemanfaatan sampah melalui proses insinerasi untuk Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Teknologi *Incinerator*.

1.5.2

Manfaat Terapan

1. Secara praktis penelitian ini memiliki manfaat antara lain sebagai masukan kepada pemerintah Kabupaten Pasaman Barat untuk menanggulangi masalah rasio elektrifikasi yang hanya 85%.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta dilindungi undang-undang milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

2. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lebih memudahkan pemerintah setempat untuk melakukan pembangunan pembangkit listrik di Desa Muara Kiawai.

Dihasilkannya sebuah desain sistem pembangkit listrik Tenaga sampah yang optimal dan lebih ramah lingkungan.

Bisa dijadikan bahan acuan bagi peneliti, maupun badan usaha yang ingin melakukan penelitian dan pembangunan dibidang ketenaga listrikan.



UIN SUSKA RIAU



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Dalam penelitian tugas akhir ini akan dilakukan studi literatur yang merupakan pencarian referensi yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang akan diselesaikan dari buku, artikel dan jurnal yang berkaitan. Penelitian terkait Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) teknologi *incinerator* telah dilakukan beberapa Universitas yang ada di Indonesia maupun di luar Negeri.

Penelitian yang berjudul pengelolaan dan pemanfaatan sampah menggunakan teknologi *incinerator*. Sampah merupakan material pencemar lingkungan yang selalu ada setiap waktu. Untuk mengendalikan pencemaran, maka dilakukan upaya untuk membakar sampah tersebut menggunakan *incinerator*. *Incinerator* berfungsi sebagai pembakar sampah dan sebagai pembangkit uap dengan mengkonversikan panas pembakaran. Keuntungan penggunaan *incinerator* adalah kemampuannya untuk mereduksi sebagian besar timbunan sampah dan mampu menurunkan polusi lingkungan akibat penimbunan sampah. Sedangkan kerugian penggunaannya antara lain, gas buang membawa karbon dioksida (CO₂) sejumlah besar yang akan terlepas ke udara serta pembawa unsur beracun dalam gas. Untuk mengendalikannya diperlukan peralatan tambahan sebelum gas dilepas ke udara, hal ini berarti tambahan biaya dalam konstruksi *incinerator* [15].

Penelitian yang berjudul *distributed generation* Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kota (PLTSA) type *incinerator* solusi listrik alternatif kota medan. Krisis energi minyak dunia tahun 1973, masalah energi menjadi topik utama dunia, serta pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil untuk memproduksi energi listrik, telah menimbulkan dampak pemanasan global pada level yang sangat mengkhawatirkan. Penyelesaian dampak pemanasan global, salah satunya diantaranya dengan mengurangi penggunaan energi listrik berbasis bahan bakar fosil serta peningkatan pemanfaatan energi alternatif (*renewable energy*), diantaranya sampah kota. Potensi sampah kota Medan sebanyak 1.812 ton/hari diperkirakan mampu membangkitkan energi listrik 21,744 MW. PLTSA Terjun dengan kapasitas produksi 156.556,8 kWh/tahun, dengan harga jual energi listrik ke PLN Rp1.450 per kWh, maka didapatkan penghasilan dari penjualan energi listrik Rp 227.007.360 pertahun. Potensi dapat membantu



mengurangi defisit listrik sebesar $21,744/435 \times 100 = 4,99\%$, di PT. PLN Wilayah II Sumatera Utara, sekaligus mengatasi pencemaran lingkungan hidup akibat timbunan sampah. Penggunaan *generator* sinkron dengan *prime mover* PLTSA sebagai *Voltage Regulator Bus* pada *system Distributed Generation* mampu memperbaiki *drop* tegangan serta mampu meningkatkan keoptimalan dan keandalan jaringan distribusi tersebut. Sehingga PLTSA layak untuk dikembangkan baik dari kajian teknis dan ekonomis [10].

Penelitian yang berjudul analisis *incinerator* sebagai pembangkit listrik. Pada tugas akhir ini akan di analisis sebuah *incinerator* untuk pembangkit listrik. Energi panas dari *incinerator* akan dimanfaatkan dan di konversi menjadi energi listrik untuk *charging* baterai aki 6v 4,5Ah. Alat ini menggunakan prinsip efek *Seebeck* di mana perbedaan suhu pada lempengan *thermoelectric* akan diubah menjadi tegangan searah yang biasanya disebut *thermoelectric generator*. *Thermoelectric generator* yang digunakan pada tugas akhir ini adalah TEC1-12706 yang disusun secara seri sebanyak 7 keping untuk menghasilkan beda potensial dari selisih suhu yang muncul dari kedua sisi kepingan *thermoelectric generator*. Tujuh keping *thermoelectric generator* yang disusun secara seri pada *incinerator mini* menghasilkan tegangan maksimal sebesar 18,10 volt pada kondisi tanpa beban pada selisih suhu 157°C. Hasil pengujian dan analisis pada pengisian baterai aki 6v 4,5Ah menunjukan bahwa proses *charging* dimulai pada selisih suhu 130°C dimana didapatkan tegangan 6,5 Vdc dan arus 265 mA [16]

Penelitian yang berjudul perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga sampah kapasitas 1000 watt dengan proses *Incenerator*. Polusi limbah semakin memburuk jika tidak ada upaya efektif dalam menanganinya. Pengelolaan limbah yang dimulai dari sumbernya, seperti rumah tangga, telah menjadi masalah yang sulit untuk dipecahkan. Dalam mengatasi masalah ini, sistem pembangkit listrik berbasis limbah dengan proses pembakaran dipelajari secara teoritis dan diharapkan untuk mengubah limbah kota menjadi listrik dengan output minimum 1000 watt. Sampah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah organik kota. Studi ini mencakup penilaian daya yang dibutuhkan untuk menjalankan generator, massa uap, panas yang dibutuhkan oleh boiler, dan jumlah limbah yang dibutuhkan. Hasilnya menunjukkan bahwa generator bertenaga 1,33 kW diperlukan untuk menghasilkan output daya 1000 watt. Sejumlah 398,5 kg / jam limbah diperlukan untuk menghasilkan panas 44.936,1 kJ / jam untuk memanaskan ketel [17]. Pada penelitian ini belum menggunakan sistem simulasi.

Penelitian yang berjudul pembuatan alat *incinerator* limbah padat medis skala kecil membunuh bakteri dan virus. Dalam perspektif hemat energi, untuk mengatasi hal ini, insinerator telah dikembangkan. Bingkai *incinerator* utama terbuat dari besi siku. Siku besi dipotong menggunakan mesin yang sesuai tergantung pada dimensi desain, dan mereka dirakit dengan proses pengelasan. Langkah *furthure* adalah untuk menyelesaikan dengan pembuatan ruangan, dan cerobong asap. Dinding mesin insinerator terbuat dari batu bata merah, dan kaca untuk isolator. Untuk mengukur dan mengontrol suhu, termokupel dan termokontrol diletakkan di dinding bagian dalam mesin *insinerator*. Fungsi mesin insinerator diuji, dan bekerja dengan baik. Uji komisioning mesin untuk limbah medis padat yaitu botol infus, spuit, botol kaca, *baby* pampers dan obat-obatan kedaluwarsa telah dilakukan. Ini menunjukkan bahwa suhu yang dicapai adalah 998°C selama 25 menit operasi dan semua limbah padat menjadi abu kecuali jarum, plastik dan kaca. Jadi, mesin ini dapat dioperasikan sebagai peralatan pengolahan limbah medis skala kecil [18].

Penelitian yang berjudul rancang bangun insinerator dua tahap solusi mengatasi polusi udara pada pembakaran sampah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model rancang bangun dan mekanisme alat *insinerator* dalam mengatasi polusi udara pada pembakaran sampah. Filter yang digunakan adalah air dengan cara disemprotkan menggunakan *nozzle spray* pada tabung *filter*. Pengujian dilakukan dengan cara pengujian kerja *insinerator* dan mengamati hasil pembakaran pada *insinerator* dan pembakaran secara bebas. Hasil pengamatan untuk sampah plastik dengan massa 1 kg dibakar secara bebas asap berwarna hitam, laju pembakaran 2 kg/jam, efisiensi pembakarannya 67,50 %. Sedangkan hasil pembakaran pada *insinerator* dua tahap menghasilkan warna asap putih, laju pembakaran 1,7 kg/jam, efisiensi pembakarannya 67,50 %. Pada pembakaran *insinerator* dua tahap lebih baik dari pada pembakaran secara bebas [19].

Berdasarkan penelitian diatas perbedaan riset penelitian sebelumnya dengan riset penelitian sekarang, penelitian sebelumnya hanya menggunakan perhitungan teknis tidak memakai perhitungan ekonomi, penelitian sekarang menggunakan perhitungan ekonomi dengan menggunakan simulasi *RETScreent Expert*, Data sampah yang digunakan sampah yang berada di TPA Muaro Kiawai baik dari data *proximate* yang didapatkan dari buku BLHK Kabupaten Pasaman Barat.



2.2 Landasan Teori

Sampah telah menjadi suatu masalah baru yang menyedot banyak perhatian seiring dengan jumlah pertumbuhan penduduk, standar ekonomi dan kemajuan teknologi [20]. Apabila sampah tidak dikendalikan maka sampah akan menjadi masalah besar, seiring dengan jumlah sampah yang semakin hari semakin bertambah. Untuk itu sampah sangat perlu dikendalikan agar tidak berdampak buruk terhadap lingkungan. Untuk peningkatan ekonomi suatu daerah tergantung pada pemanfaatan bahan dan sumber energi yang digunakan secara maksimal. Menggunakan sampah organik sebagai bahan baku untuk produksi bahan bakar nabati merupakan pilihan yang sangat efektif dari adopsi program 3R (*Reuse, Reduse, Recycle*) untuk mengurangi penggunaan energi fosil dan beralih menggunakan sumber energi bersih berdasarkan potensi sumber energi terbarukan yang ada [21].

2.2.1 Jenis - Jenis Sampah

Sampah adalah buangan atau sisa - sisa bahan dari kegiatan manusia dan hewan yang berbentuk padat, tidak mempunyai nilai ekonomis dan dapat mencemari lingkungan [22]. Jenis sampah yang ada di sekitar kita cukup beraneka ragam, ada yang berupa sampah rumah tangga, sampah industri, sampah pasar, sampah rumah sakit, sampah pertanian, sampah perkebunan, sampah peternakan, sampah institusi dan sebagainya. Menurut Gelbert dalam [23] berdasarkan asalnya, sampah padat dapat digolongkan menjadi dua yaitu sebagai berikut :

1. Sampah Organik

Sampah organik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan hayati yang dapat didegradasi oleh *mikroba* atau bersifat *biodegradable*. Sampah ini dengan mudah dapat diuraikan melalui proses alami. Sampah rumah tangga sebagian besar merupakan bahan organik. Termasuk sampah organik, misalnya sampah dari dapur, sisa-sisa makanan, pembungkus (selain kertas, karet dan plastik), Tepung , sayuran, kulit buah, daun dan ranting.

2. Sampah Anorganik

Sampah anorganik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan nonhayati, baik berupa produk sintetik maupun hasil proses teknologi pengolahan bahan tambang.



Contoh dari sampah anorganik adalah sampah logam dan produk - produk olahannya, sampah plastik, sampah kertas, sampah kaca dan keramik, sampah detergen. Sebagian besar anorganik tidak dapat diurai oleh alam/mikroorganisme secara keseluruhan (*unbiodegradable*). Sementara, sebagian lainnya memerlukan waktu yang lama untuk proses penguraiannya, sampah jenis ini misalnya botol plastik, botol gelas, tas plastik dan kaleng. Dilihat dari Banyaknya sampah yang dihasilkan TPA Muaro Kiawai antara lain dipengaruhi oleh beberapa jenis sampah, terutama jenis sampah plastik, sampah basah/sampah organik sisa makanan dan sampah kertas dan karton. Jumlah timbunan sampah yang dihasilkan di TPA Muaro Kiawai selama periode tahun 2016 sampai 2019 dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut [8].

Tabel 2.1 Potensi Sampah di TPA Muarao Kiawai tahun 2019. [8]

No	Volume Sampah	Satuan	Tahun
1	599,77	Ton	2016
2	689,47	Ton	2017
3	807,26	Ton	2018
4	1.462,70	Ton	2019

Berdasarkan data pada tabel 2.1 diatas, jumlah sampah yang dihasilkan di TPA Muaro Kiawai Pada tahun 2016 hingga 2019. Jumlah timbunan sampah yang dihasilkan dapat di prediksi hingga ke lima (5) tahun kemudian (tahun awal operasi) dengan menggunakan persamaan geometrika pada persamaan 2.1 sebagai berikut [24].

$$Px = Pa (1+r)^x \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

Px = Jumlah sampah pada tahun x proyeksi.

Pa = Jumlah sampah pada tahun awal proyeksi.

R = Rata-rata pertumbuhan pertahun (%).

x = Selang waktu proyeksi (tahun).

Berdasarkan dari penelitian sebelumnya [24] Komposisi sampah organik kota besar di Indonesia sebesar 70% sehingga potensi sampah organik selama dapat dihitung dengan persamaan berikut (5 Tahun).



2.2.1.1 Karakteristik Sampah

Karakteristik sampah merupakan sifat-sifat sampah yang meliputi sifat fisik, kimia, dan biologi. Karakteristik sampah sangat penting dalam pengembangan dan desain sistem manajemen persampahan. Menurut Tchobanoglous dalam [20] Karakteristik sampah dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu pendapatan masyarakat (*low, medium, dan high income*), pertumbuhan penduduk, produksi pertanian, pertumbuhan industri dan konsumsi serta perubahan musim. Adapun karakteristik sampah adalah sebagai berikut [25]:

- a. Sampah organik basah (*garbage*), yaitu sampah yang terdiri dari bahan-bahan organik yang sifatnya mudah membusuk.
- b. *Rubbish* adalah yaitu sampah yang susunannya terdiri dari bahan organik maupun yang cukup kering yang sulit terurai oleh mikroorganisme sehingga sulit membusuk.
- c. Sampah yang berukuran besar (*bulky waste*), dalam kategori ini termasuk sampah yang berukuran besar dan berat.
- d. Sampah abu (*ashes*), yaitu sampah padat yang berasal dari pembakaran kayu, batu bara dan lain-lain. Ukurannya kecil, lembut, ringan dan mudah terbawa angin.
- e. Sampah berupa lumpur dari pengolahan air bersih dan air limbah.
- f. Sampah bangkai binatang (*dead animal*), yaitu semua sampah yang berupa bangkai binatang.
- g. Sampah sapuan jalan yaitu segala jenis sampah atau kotoran yang berserakan di jalan karena dibuang oleh pengendara mobil ataupun masyarakat yang tidak bertanggung jawab .
- h. Sampah konstruksi umumnya berupa logam, beton, kaca, pipa, *plumbing* dan kayu.
- i. Sampah B3 merupakan buangan berbahaya dan beracun bersifat toksik karena itu perlu penanganan khusus. Banyak dihasilkan dari kegiatan industri ataupun produk yang dipakai sehari-hari. Semakin banyak industri yang berdiri akan semakin beragam limbahnya.

Untuk mengetahui karekteristik, sifat fisis, sifat kimia dan *fuel properties* sampah dapat dilakukan dengan *analisis proximate dan ultimate*. Analisis *proximate* bertujuan untuk mengetahui komponen *volatil*, karbon tetap dan abu dari sampah. Sedangkan analisis



ultimate bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia dan HHV (*High Heating Value*) LHV (*Low Heating Value*) dari sampah.

Tabel 2.2 Analisa *Proximate* Sampah Organik Kabupaten Pasaman Barat [8].

No	KARAKTERISTIK	NILAI	SATUAN	METODE
1	Kadar Air	22.25	%	Gravimetri
2	Kadar <i>Volatil</i>	26.76	%	Gravimetri
3	Kadar Abu	30.99	%	Gravimetri
4	<i>Fixed Carbon</i>	20,00	%	Gravimetri
5	<i>Sulfur</i>	0	%	Gravimetri
6	Nilai Kalor	373,8	Kj/Kg	ASTM D 5865-13

2.2.2.2 Komposisi Sampah

Komposisi sampah merupakan penggambaran dari masing - masing komponen yang terdapat pada sampah. Analisis komposisi sampah sangat diperlukan untuk mengetahui tipikal komposisi sampah yang paling banyak di hasilkan di suatu kota untuk mempermudah perencanaan jenis pengolahan sampah yang akan digunakan [8]. Pengelompokan sampah yang paling sering dilakukan berdasarkan komposisinya, misalnya dinyatakan sebagai berat atau volume dari kertas, kayu, kulit, karet, plastik, logam, kaca, kain, makanan dan sampah yang lainnya [26].

2.2.2.3 Pengolahan Sampah

Pada saat ini ada 3 cara pengolahan sampah yang ada tercantum dalam [26].

1. Penimbunan

Cara penimbunan sampah yang paling sederhana ialah penimbunan terbuka yaitu sampah dikumpulkan begitu saja disuatu tempat yang dipilih jauh dari tempat aktifitas masyarakat, sehingga tidak menimbulkan banyak gangguan. Cara penimbunan sampah yang baik ialah dengan cara menimbun sampah di bawah tanah, atau digunakan untuk mengurung tanah berawa yang kemudian ditutup dengan lapisan tanah. Dengan demikian proses dekomposisi berlangsung di bawah tanah, sehingga apabila terdapat kuman berbahaya tidak tersebar ke dalam udara. Namun cara ini masih juga menimbulkan masalah seperti pencemaran air tanah yang dapat mempengaruhi air sumur.



2. Daur-ulang atau *recycling*

Recycling ialah suatu peroses yang memungkinkan bahwa, bahan-bahn yang terbuang dapat dimanfaatkan lagi, sehingga seolah-olah tidak ada bahan buangan. Tedapat berbagai bentuk pemanfaatan buangan sehingga sebagian dari sampah dapat teratasi. Bahan organik seperti daun, kayu, kertas, dan sisa makanan, kotoran dan sebagainya dapat dijadikan kompos dengan pertolongan mikro-organisme. Kompos berupa bahan organik yang mengalami dekomposisi seperti humus yang berguna sebagai pupuk dan juga dapat memperbaiki struktur tanah. Sampah yang terdiri dari logam dapat di olah lagi menjadi bahan mentah industri. *Recycling* lain yang dapat dilakukan ialah dengan melakukan proses destilasi kering. Sampah dimasukkan kedalam ruangan tertutup lalu di panaskan tanpa di beri udara. Karena dengan pemanasan tersebut sampah mengeluarkan berbagai macam gas yang dapat dimanfaatkan.

3. Mengabukan

Mengabukan atau *Incinerator* sampah, ini sering dilakukan untuk mengurangi jumlah sampah yang ada. Prosesnya tidak sama dengan membakar sampah begitu saja di tempat terbuka. Sampah di bakar di dalam dapur khusus, pencemaran- pencemaran yang keluar dari hasil pembakaran yang berupa abu dan bahan-bahan lain yang volumenya tinggal sedikit, ditimbun atau dipendam di tempat yang telah disediakan. Pada proses *incenerator* akan akan meghasilkan panas, sehingga akan menjadi sumber energi yang dapat dimanfaatkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Proses *incinerator* mempunyai beberapa keuntungan diantaranya:

- Mengurangi masalah kesehatan yang berhubungan penimbunan sampah.
- Mengurangi volume sampah hingga 80%
- Kotoran dan sampah dapat dikerjakan bercampur, tidak perlu dipisah-pisahkan
- Alat yang di gunakan dapat dibuat untuk berbagai ukuran, untuk keperluan besar, sedang, atau kecil.
- Sisa pembakarannya kecil tidak berbau dan mudah di tangani.

2.2.2.4 Analisis Kondisi Sampah Masuk *Incinerator*

Menjelaskan perubahan kondisi sampah masuk *incinerator* yang dapat terjadi karena perubahan paradigma masyarakat, perubahan musim dan *event* besar. Menjelaskan perlunya analisis sampah secara periodik untuk menentukan kondisi operasi *incinerator*



dan memprediksi daya listrik yang dihasilkan, serta peralatan yang diperlukan untuk analisis [27].

1. Karakteristik Sampah

Proses penanganan sampah yang tepat dan efektif sangat bergantung dari karakteristik timbunan sampah yang akan diolah. Karakteristik timbunan sampah akan sangat bervariasi bergantung pada komponen-komponen sampahnya, sehingga dimungkinkan akan terjadinya perbedaan sifat baik secara fisika maupun kimiawi. Karakteristik sampah dapat dikelompokkan menurut sifat-sifatnya, seperti :

- a. Komposisi: sebaran jumlah dari jenis sampah yang berbeda baik dalam persen berat atau volum
- b. Karakter fisika: densitas, sebaran ukuran, proksimat (kadar air, kadar volatile, kadar abu, kadar karbon tetap), nilai kalor
- c. Karakter kimia: susunan kimia sampah terdiri dari unsur C, N, S, O, P, H, Cl, Hg

2. Potensi Jumlah Sampah

Potensi kuantitas timbunan sampah dapat dinyatakan dalam satuan berat kilogram per orang perhari, kilogram per meter-persegi perhari, atau kilogram per tempat tidur perhari ataupun dalam satuan volume (liter per orang perhari, liter per meter persegi perhari, atau liter per tempat tidur perhari). Secara praktis sumber sampah dibagi menjadi dua kelompok besar sampah dari permukiman, atau sampah rumah tangga sampah dari non-permukiman yang sejenis ruma tangga, seperti dari pasar, daerah komersial, Sampah dari kedua jenis ini dikenal sebagai sampah domestik. Sedangkan sampah non-dosmetik adalah sampah atau limbah bukan sejenis rumah tangga, misalnya limbah dari proses industry. Bila sampah dosmetik ini berasal dari lingkungan perkotaan, dalam Bahasa Inggris dikenal sebagai *municipal solid waste (MSW)*. Prakiraan timbunan sampah harus dibuat mendekati keadaan sebenarnya dan sebaiknya data lapangan yang digunakan adalah data yang terbaru. Besaran timbunan sampah akan mempunyai variasi dari tiap tahun yang disebabkan oleh faktor pertumbuhan penduduk, taraf hidup masyarakat, pendidikan, budaya baru, dll. Data timbunan sampah ini akan menjadi acuan terhadap perkiraan tahun yang akan datang untuk menentukan penanganan sampah seperti kapasitas, pola pengangkutan [27].



3. Potensi Pembangkitan Energi

Potensi pembangkitan energi dari sumber sampah harus dilakukan dengan cermat untuk menghindari penyimpangan dari nilai yang sesungguhnya. Potensi energi yang dapat dibangkitkan harus selalu disertai dengan beberapa asumsi yang wajar dan rasional [27]:

- a. batasan wilayah tempat,
- b. komposisi masing-masing percontoh,
- c. iklim, curah hujan saat dilakukan sampling,
- d. pengambilan nilai rerata nilai kalor yang wajar dan mewakili keseluruhan sampel sampah

4. Nilai Kalor dan Komposisi Sampah

Nilai kalor yang dapat Masuk PLTSa Spesifikasi teknologi yang digunakan dalam fasilitas PLTSa (termasuk perangkat penyimpanan, pengangkutan, pengolahan sampah baik secara termal maupun biologis, dan pengolah residu) akan terkait pada kualitas sampah masuk PLTSa. Terdapat kandungan terkait sifat keterbakaran akan mempengaruhi nilai kalor-rendah sampah diantaranya [27].

- a. Kandungan air (*moisture content*).

Kandungan air pada sampah mencapai hingga 50-80 % yang didapat dari cairan yang melekat pada sampah dapur atau hujan ketika proses pengumpulan dan pengangkutan. Kadar air yang tinggi akan menurunkan nilai kalor sampah dan menghambat pembakaran.

- b. Zat terbang selama proses pembakaran, massa sampah yang berkurang merupakan zat terbang (*volatile matter*) dan karbon tetap (*fixed carbon*) yang terbakar.

c. Komponen dasar zat terbang meliputi karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan sulfur. Sampah yang mengandung plastik atau senyawa kimia lain yang memiliki rasio karbon dan hidrogen yang tinggi akan menjadikan zat terbakar memiliki nilai kalor yang lebih tinggi. Zat terbang merupakan senyawa yang mudah menguap yang akan mengalami penguraian termal dan menciptakan api. Persentase zat terbang pada sampah dapur, kertas, dan sampah kebun sekitar 85-90 %. Hal ini berdampak pada pengurangan massa yang signifikan selama proses pembakaran.

- d. Kandungan abu merupakan komponen yang tidak ikut bereaksi dalam reaksi oksidasi sehingga tidak menyumbangkan nilai kalor pada bahan bakar padat.



Untuk mengetahui kandungan sampah terkait sifat keterbakarannya, perlu dilakukan pengujian secara sampling untuk mewakili total sampah yang masuk, atau biasa disebut dengan analisis proksimat. Analisis proksimat dilakukan dengan cara mengeringkan sampah di pengering 2 jam pada 105 °C.

2.2.3 Pengertian Incinerator

Incinerator adalah suatu teknologi pengolahan sampah melalui pembakaran langsung dan terus-menerus (kontinyu selama 24 jam) menggunakan udara yang mencukupi dan pada temperatur tinggi. *Incinerator* material sampah mengubah sampah menjadi gas panas sisa hasil pembakaran, abu dan partikulat. Gas yang dihasilkan insinerator dibersihkan dahulu dari polutan sebelum dilepas ke atmosfer di dalam *Air Pollution Control* dan dipantau secara kontinyu melalui *Continuous Emission Monitoring System*). Pada ruang bakar . *Incinerator* temperatur pembakaran pada ruang bakar mencapai 800 hingga 1100 °C, dan menghasilkan *flue gas* dengan temperatur tinggi. Dengan pembakaran temperatur tinggi, sampah mengalami oksidasi dan berubah fasa dari padatan atau cairan menjadi gas, utamanya dalam bentuk CO₂ dan H₂O. Dengan perubahan fasa ini, . *Incinerator* menjadi sangat efektif untuk mengurangi volume sampah sebanyak 80 hingga 90 persen, dengan abu dan partikulat sebagai residu. Panas yang dihasilkan insinerator dapat dimanfaatkan sebagai energi pembangkit listrik dan keperluan domestik penduduk (pemanas air/ruangan). Konsep inilah yang disebut sebagai *Waste to Energy* termal *incinerator*. Di dalam termal *incinerator* terdapat *incinerator* penghasil gas panas, boiler sebagai penangkap panas sekaligus pengubah air menjadi uap, turbin uap yang mengubah energi uap menjadi putaran, serta generator yang mengubah putaran turbin menjadi daya listrik [27].

2.2.3.1 Tipe Incinerator

Jenis *incinerator* yang paling umum diterapkan untuk membakar limbah padat B3 ialah *rotary kiln*, *multiple hearth Incinerator*, *fluidized bed incinerator* [28]. Dari semua jenis *incinerator* tersebut, *rotary kiln incinerator* mempunyai kelebihan dari tipe yang lainnya, karena *rotary kiln incinerator* dapat mengolah limbah padat, cair dan gas secara simultan. Ada beberapa jenis incenerator yang ada terdapat didalam [27].

1. Rotary Kiln Incinerator

Rotary Kiln Incinerator merupakan jenis . *Incenerator* yang memiliki kerangka silindris yang dilapisi material refraktori, yang terpasang pada sudut kemiringan rendah.

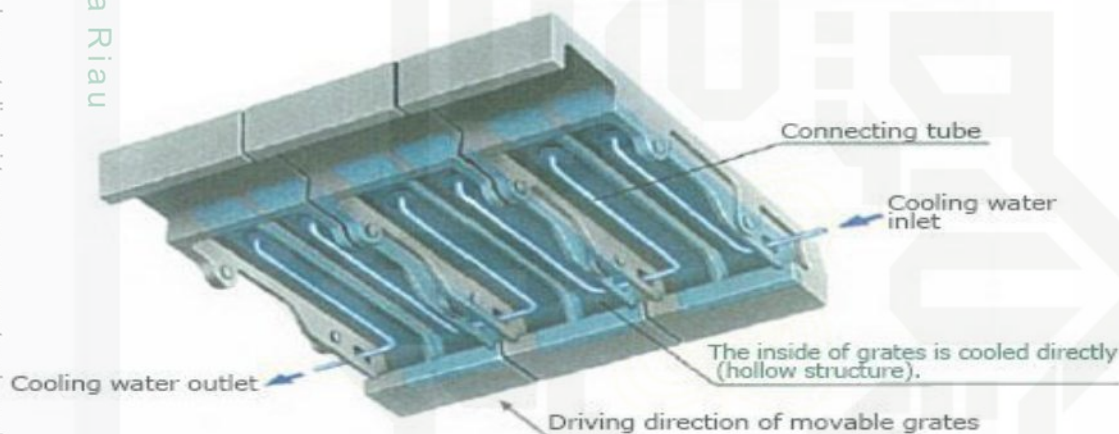
Rotasi dan sudut kemiringan dari tanur (*kiln*) menyebabkan bergerak limbah melalui tanur sekaligus meningkatkan efektifitas pencampuran limbah tersebut dengan udara dengan jumlah sedikit. *Rotary kiln* pada umumnya memerlukan suatu ruang bakar sekunder (*after-burner*) untuk memastikan hancurnya unsur-unsur yang berbahaya secara menyeluruh dan pembakaran yang sempurna. Ruang bakar sekunder pada umumnya memiliki tipe *stoker (moving grate)* yang dipasang setelah *rotary kiln*. Sehingga *rotary kiln* pada umumnya dikombinasikan dengan *moving grate* untuk mendapatkan karakteristik pembakaran yang baik. Ruang utama berfungsi untuk terjadinya pembakaran limbah padat menjadi gas. Reaksi pembakaran fasa gas disempurnakan di dalam ruang sekunder. Kedua ruang utama dan sekunder secara umum dilengkapi dengan sistem bahan bakar pembantu (*auxilliary burner*). Abu dari proses *Incenerator* kemudian keluar melalui *ash conveyor* yang berada di bawah ruang bakar. Ruang bakar *rotary kiln* sangat cocok digunakan untuk jenis sampah campuran tanpa proses pre-treatment (pencacahan dan pemilahan). Bahan baku (*feedstock*) berupa sampah kota akan masuk melalui ujung atas *rotary kiln*. Putaran *rotary kiln* digerakan oleh motor penggerak dengan kecepatan rendah 5rpm yang memungkinkan sampah akan terbakar dengan waktu tinggal antara 30-90 menit [27].



Gambar 2.1 *Rotary kiln incinerator* [27].

2. Moving Grate

Moving Grate (MG) sangat banyak diaplikasikan pada PLTSa di dunia, dimana MG memungkinkan pergerakan sampah dengan menggunakan *conveyor* pada ruang pembakaran agar terjadi pembakaran yang efektif dan sempurna pada sampah. Tujuan utama dari tipe *moving grate* ini adalah distribusi udara yang baik pada ruang bakar sesuai kebutuhan pembakaran. PLTSa dengan jenis *moving grate* dapat membakar 35 metrik ton sampah per jam. Tipe *moving grate stoker* tidak membutuhkan *pre-treatment*, sehingga dapat mengolah sampah dengan variasi dan jumlah yang besar [27].



Gambar 2.2 Moving Grate [27]

3. Fluidized Bed Incinerator

Fluidized Bed Incinerator (ruang bakar dasar fluida) adalah sebuah ruang bakar pembakar yang menggunakan media pengaduk berupa pasir seperti pasir kuarsa atau pasir silika, sehingga akan terjadi pencampuran (mixing) yang homogen antara udara dengan butiran-butiran pasir tersebut, sebagaimana pencampuran yang konstan antara partikel-partikel mendorong terjadinya laju perpindahan panas yang sangat cepat serta terjadinya pembakaran sempurna. Kelebihan dan Kekurangan . *Incenerator* tipe *fluidized bed* antara lain [27]:

1. Kelebihan dari *Incenerator Fluized bed* adalah:

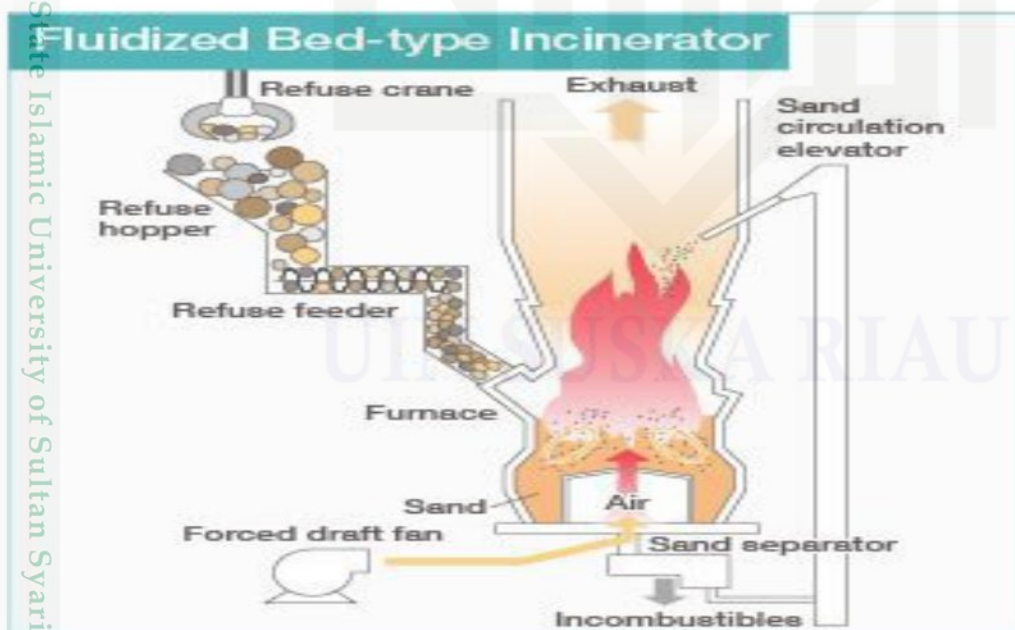
- Konsep desain lebih sederhana sehingga biaya investasi dan perawatan relatif lebih kecil

- b. Efisiensi termal keseluruhan dapat mencapai 90%
- c. Bagian mekanikal yang bergerak lebih sedikit, sehingga keausan yang terjadi lebih sedikit
- d. Dapat digunakan untuk variasi campuran yang berupa cairan (sludge) dan limbah padat

2. Kekurangan dari *Incenerator Fluized bed* tipe ini adalah:

- a. Masih sedikit digunakan terutama untuk aplikasi limbah padat yang tercampur atau tidak dipilah terlebih dahulu, sehingga belum begitu teruji performanya. Begitu pula belum teruji untuk kapasitas yang cukup besar
- b. Kontrol operasi cukup sulit untuk mengakomodasi fluktuasi sampah karena pembakaran yang begitu cepat
- c. Bahan bakar tambahan dibutuhkan untuk nilai kalor sampah yang lebih rendah
- d. Membutuhkan *pre-treatment* terlebih dahulu untuk pembakaran yang stabil, karena permintaan komposisi dan ukuran sampah yang cukup ketat.

Fluidized bed merupakan jenis ruang bakar yang memanfaatkan pasir silika, abu pembakaran, atau material sejenis pasir lainnya sebagai media yang tersuspensi di dalam ruang bakar sehingga terjadi tingkat turbulensi dan perpindahan panas yang merata pada seluruh ruang ruang bakar [27].

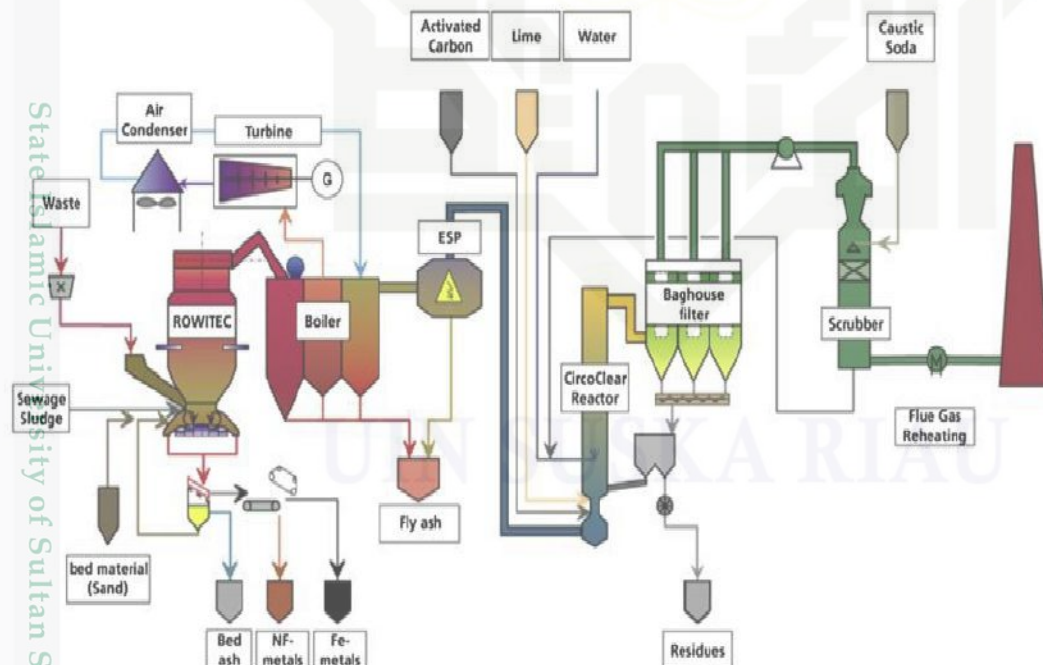


Gambar 2.3 *Fluidized Bed Incinerator* [27].

2.2.3.2 Proses Pada Incinerator

Adapun tahap-tahapan proses *incinerator* sebagai berikut [27]:

1. Truk sampah melakukan bongkar muat sampah pada tipping hall sebelum masuk ke bunker sampah, lalu beberapa sampah yang tidak dapat masuk dipisahkan terlebih dahulu untuk dibuang dan di daur ulang secara terpisah.
2. Sampah dimasukkan ke *storage pit* dan dicampur agar seragam, dijaga tekanan negatif.
3. Sampah masuk ke ruang bakar melalui hopper dan dilakukan pembakaran dimana temperatur dijaga diatas 850°C. Sampah harus terbakar habis dalam waktu 1-2 jam. Boiler yang digunakan sebagai *heat recovery* dari *flue gas* memiliki spesifikasi 4-pass untuk *water tube* nya, dan *orientasi horizontal*.
4. Uap *superheated* dari boiler kemudian digunakan untuk membangkitkan listrik pada turbin. Kemudian uap keluar dari turbin, dikondensasi menggunakan kondensor sehingga air dikembalikan ke boiler (*closed-loop system*).
5. Untuk treatment *flue gas*, maka plant ini menggunakan fasilitas, Untuk mengontrol emisi pada *flue gas*, maka plant ini menggunakan *fabric filter* mencapai ribuan bag.



Gambar 2.4 Skema Pengoperasian *Incenerator* [27].



2.2.3.3 Desain Pada *Incinerator*

Desain komponen pendukung termal *incinerator* ini menjelaskan secara global aspek-aspek apa yang perlu diperhatikan perancangan komponen pendukung insenerasi, mencakup Sistem, Subsistem, Aksesoris, ataupun komponen-komponen dari sistem pendukung *incenerator*. Subbab ini juga menjelaskan parameter-parameter yang perlu dihitung pada komponen atau subsistem pendukung termal *Incenerator*. Beberapa diantaranya yang dijelaskan pada prinsip siklus Rankine, berupa unit Pengkonversi Energi, Air Proses, Sistem Pengolahan Gas Buang, Boiler, Turbin dan Generator [27].

1. Rancangan Unit Pengkonversi Energi (*Energy Conversion System*)

Pada PLTSa jenis *Incenerator*, unit konversi energi yang paling memungkinkan untuk digunakan adalah *external combustion engine*. *External combustion engine* adalah satu paket peralatan pengkonversi energi termal dimana energi panas yang dihasilkan dari sumber eksternal (*flue gas*) dipindahkan pada fluida kerja (air) pada suatu sitem tertutup untuk menghasilkan uap yang akan diekstraksi melalui ekspansi pada unit turbin untuk menghasilkan listrik. Efisiensi dari proses konversi energi termal menjadi energi listrik sangat bergantung dari kemampuan rekayasa termal pada siklus Rankine ataupun pengurangan rugi-rugi panas. Langkah-langkah yang dilakukan untuk meningkatkan efisiensi termal antara lain [27]:

- a. Menurunkan jumlah udara berlebih (*excess air ratio*)
- b. Menurunkan boiler exit temperature
- c. Menurunkan tekanan dan temperatur kondensor
- d. Meningkatkan temperature dan tekanan *steam*
- e. Melakukan intermediate reheating
- f. Mengurangi heatloss pada *flue gas* (feedwater heater)
- g. Mengurangi kebutuhan listrik Plant (*Fan atau Selective Catalytic Reduction*)

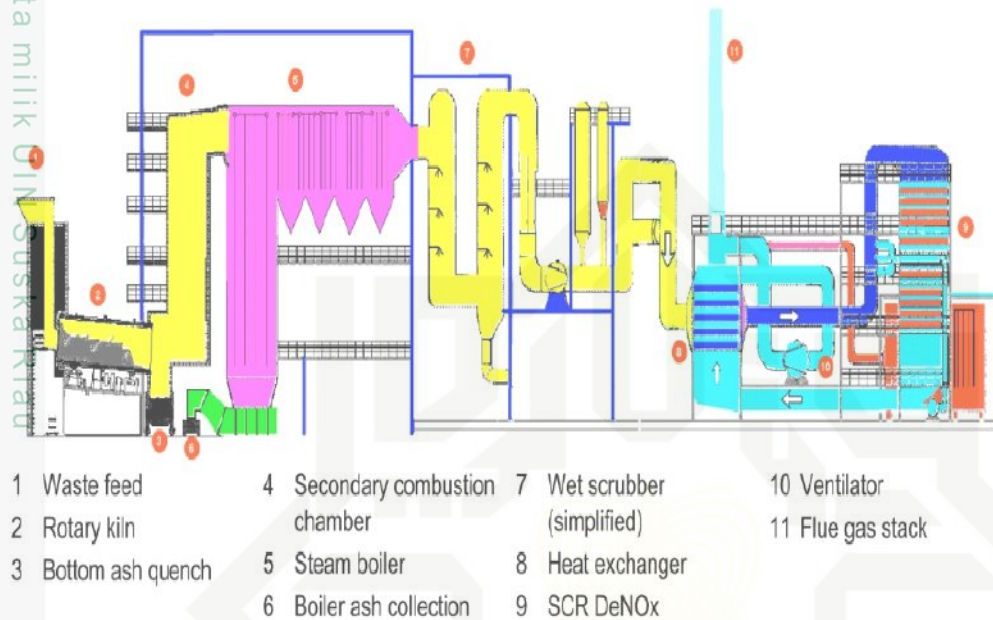
2. Rancangan Air Proses

Penggunaan air dalam proses merupakan hal krusial yang perlu diperhatikan terutama pada proses yang menggunakan sistem uap rankine [27].

3. Rancangan Sistem Pengolahan Gas Buang

Sistem pengolahan gas buang, alur proses, beserta fitur secara terperinci recycleable atau sekali pakai harus dapat dijelaskan secara detail, selain itu harus

disertakan gas yang mampu diolah dan dikurangi, lengkap dengan alat ukur dan material non-bahan baku lain yang diperlukan. Sistem pengolah gas buang secara umum minimum terdiri dari beberapa utilitas yang dirancang untuk menurunkan tingkat emisi dari gas buang hasil pembakaran pada ruang bakar *Incenerator* [27].



Gambar 2.5 Skematik Sistem Gas Buang *Incenerator* [27].

4. Rancangan Saluran Gas, Cerobong Asap

Rancangan saluran gas, induced draft fan, cerobong asap (stack) memerlukan data-data sebagai berikut [27]:

- Dimensi perancangan dan fitur (panjang, diameter, tinggi, konfigurasi)
- Temperatur keluar gas, volume gas per jam, kecepatan alir gas
- Kapasitas dan daya fan
- Potensi pembentukan *plume*
- Standar baku mutu lingkungan

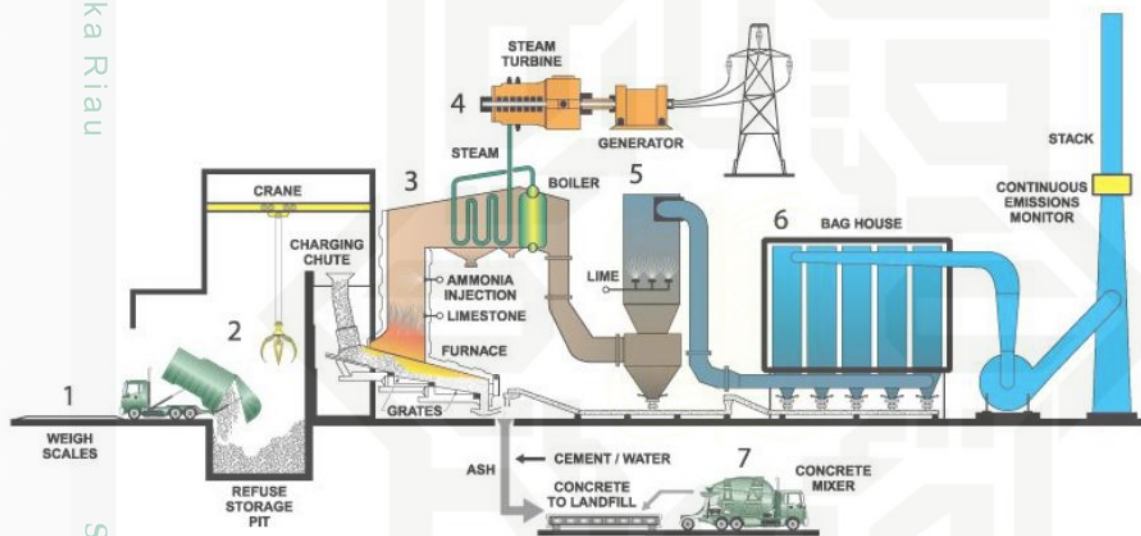
5. Rancangan Turbin Uap dan Generator

Sistem pembangkitan listrik (turbo-generator) merupakan unit pengkonversi energi mekanik putaran poros melalui steam turbine dengan konsep siklus uap rankine. Dari siklus rankine tersebut dapat dihasilkan daya dan energi kinetik pada poros turbin yang dikopel dengan generator untuk menghasilkan energi listrik dikonversikan melalui unit Electrical Generator. Selain itu, pembangkitan daya juga dapat menggunakan siklus

brayton apabila menggunakan gas dan juga motor bakar (reciprocating engine), namun pada subbab ini hanya dijelaskan mengenai sistem pembangkitan yang umum digunakan pada PLTSa [27].

2.2.3.4 Komponen Utama PLTSa Incinerator

Komponen Utama *Incenerator* berdasarkan konsep tersebut, terlihat bahwa termal *Incenerator* harus dirancang, dibuat dan digunakan sebagai satu kesatuan komponen agar dapat berjalan sesuai tujuan, yaitu memusnahkan sampah padat/cair dan memanfaatkan panas yang dibangkitkan menjadi energi listrik. Secara umum, termal *Incenerator* memiliki komponen-komponen utama berikut [27]:



Gambar 2.6 Skema PLTSa *Incenerator* [27].

1. Sistem Penerima Sampah (*Waste Receiving System*)

Sistem ini bertujuan sebagai penerima awal dari sampah pada PLTSa untuk penanganan sampah pertama kali. Pada sistem ini terdapat *overhead crane* atau sistem serupa untuk melakukan homogenisasi sampah dan memasukkannya ke ruang bakar, serta mungkin terdapat pencacah atau pengering awal sampah sebagai tahapan pemrosesan awal (*pre-treatment*) sampah sebelum masuk ruang bakar [27].

2. Ruang Bakar *Incinerator* (*Furnace*)

Pada ruang bakar ini terjadi pembakaran sampah (*mass-burning*) atau proses *Incenerator* pada temperatur tinggi sehingga mengoksidasi sampah menjadi *flue gas*, partikulat dan abu. Sistem ini bertujuan sebagai penerima awal dari sampah pada PLTSa untuk penanganan sampah pertama kali. Pada sistem ini terdapat *overhead crane* atau



sistem serupa untuk melakukan homogenisasi sampah dan memasukkannya ke ruang bakar, serta mungkin terdapat pencacah atau pengering awal sampah sebagai tahapan pemrosesan awal (*pre-treatment*) sampah sebelum masuk ruang bakar [27].

3. Sistem Pembersih Gas (*Flue Gas Treatment System Air Pollution Control*)

Sistem penanganan *flue gas* atau yang biasa disebut *air pollution control* merupakan sistem untuk mengatur kondisi *flue gas* yang telah dimanfaatkan boiler sedemikian sehingga dapat keluar ke atmosfer di bawah batas emisi yang diizinkan [27].

4. Boiler

Boiler merupakan sistem pemanfaatan panas untuk memanfaatkan *flue gas* yang masih panas dari ruang bakar sehingga mampu mengubah air menjadi uap sebagai masukan turbin. Uap jatuh keluaran turbin lalu dimasukkan ke kondenser untuk didinginkan dan kemudian dipompa masuk kembali ke boiler [27].

5. Turbin Uap & Generator

Turbin memanfaatkan energi uap dari boiler sehingga dapat berputar dan menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Uap keluaran turbin kemudian dikondensasi dan masuk kembali ke boiler [27].

6. Generator

Generator listrik ialah sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik [27].

2.2.4 Menghitung Nilai Sampah dan Analisa Teknis Pada *Incinerator*

2.2.4.1 Untuk Menghitung Nilai *Ultimate* Sampah

Untuk melakukan perhitungan teknis dalam metode *incinerator* terutama harus menghitung nilai *Ultimate* dan *Proximate* untuk menentukan berapa nilai kalor yang terdapat pada sampah maka rumus yang di pakai [28] yaitu :

1. Menghitung persentase dari *Fixed Carbon on a dry, mineral-matter free basis*

$$DMMFFC = \frac{FC}{FC+VOL} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

DMMFFC = *Dry Mineral Matter Free Fixed Carbon (%)*

FC = *Fixed Carbon (%)*

VOL = *Volatile Matter (%)*



2. Menghitung persentase dari *Volatile Matter on a dry, mineral-matter free basis*

$$DMMFVOL = \frac{VOL}{FC+VOL} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

DMMFVOL = Dry Mineral Matter Free Volatile Matter (%)
 FC = Fixed Carbon (%)
 VOL = Volatile Matter (%)

3. Menghitung Persentase Carbon

$$C = \frac{[(DMMFFC + 0,9 (DMMFVOL - 14)) \times (VOL + FC)]}{100} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

C = Kandungan Carbon (%)
 DMMFFC = Dry Mineral Matter Free Fixed Carbon (%)
 DMMFVOL = Dry Mineral Matter Free Volatile Matter (%)
 FC = Fixed Carbon (%)
 VOL = Volatile Matter (%)

4. Menghitung Persentase Nitrogen

$$N = \frac{[(2,1 - 0,012 \times DMMFVOL) \times (VOL + FC)]}{100} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

N = Kandungan Nitrogen (%)
 DMMFFC = Dry Mineral Matter Free Fixed Carbon (%)
 DMMFVOL = Dry Mineral Matter Free Volatile Matter (%)
 FC = Fixed Carbon (%)
 VOL = Volatile Matter (%)

5. Menghitung Persentase Hidrogen

$$H = \frac{\left[\left(\frac{DMMFVOL \times 7,35}{DMMFVOL + 10}\right) - 0,013\right] \times (VOL + FC)}{100} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

H = Kandungan Hidrogen (%)
 DMMFFC = Dry Mineral Matter Free Fixed Carbon (%)
 DMMFVOL = Dry Mineral Matter Free Volatile Matter (%)
 FC = Fixed Carbon (%)
 VOL = Volatile Matter (%)

6. Menghitung Persentase Oksigen

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



$$O = 100 - S - H - C - \text{Moisture} - N \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana:

- O = Kandungan Oksigen (%)
- S = Kandungan Sulfur (%)
- H = Kandungan Hidrogen (%)
- C = Kandungan Carbon (%)
- Moisture = Kandungan Air (%)
- N = Kandungan Nitrogen (%)

2.2.4.2. Potensi Energi Dari Sampah TPA Muaro Kiawai

Pada prinsipnya penguraian sampah telah dijelaskan pada bab dua. Perhitungan tersebut dengan memperhatikan parameter-parameter konversi yang membuat sampah dapat menghasilkan energi yang optimum. Parameter tersebut antara lain nilai *proksimat* dan *ultimat* sampah di TPA Muaro Kiawai, nilai *High Heating Value (HHV)*, nilai *Low Heating Value (LHV)* sampah dan perhitungan potensi sampah di TPA Muaro Kiawai dihitung dengan rumus yang ada pada persamaan dibawah ini [28].

a. Menghitung *High Heating Value (HHV)*

$$HHV = 33950 \times C + 144200 \left(H_2 \frac{O}{8} \right) 9400 \times S \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

- C = Kandungan karbon (%)
- H₂ = Kandungan hidrogen (%)
- O = Kandungan oksigen (%)
- S = Kandungan sulfur (%)

b. Menghitung *Light Heating Value (LHV)*

$$LHV = HHV - 2400(H_2 O + 9 \times H_2) \text{ Kj/Kg} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

- HHV = *High Heating Value*
- H₂O = Kandungan Uap Air Dalam Ketel (%)
- H₂ = Kandungan hidrogen (%)

4. Menghitung Potensi Energi Sampah TPA Muaro Kiawai



Merupakan besaran energi yang tersedia berdasarkan jumlah bahan bakar yang tersedia, dan dapat di hitung dengan menggunakan rumus yaitu [28] :

$$PI = FCR \times LHV \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

PI = Potensi Energi (MJ)

FCR = Konsumsi Bahan Bakar (kg)

LHV = *Low Heating Value* Bahan Bakar (MJ/Kg)

2.2.4.3. Menghitung *Incinerator*

Di dalam *incinerator* terlebih dahulu harus menghitung berapa panas yang dihasilkan di dalam *incinerator* apakah panas yang dihasilkan didalam *incinerator* tersebut bisa menghasilkan gas panas sehingga bisa di konversikan ke boiler menjadi uap panas adapun perhitungannya adalah :

a. Menghitung panas pembakaran di ruang bakar *incinerator* adalah [29] :

$$Q_f = M \text{ sampah} \times CV \text{ sampah} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

Q_f = Panas pembakaran di ruang bakar (Kj/jam)

$M \text{ sampah}$ = Masa sampah (kg/jam)

$CV \text{ sampah}$ = Calori Value sampah (Kj/kg)

b. Menghitung laju panas yang keluar dari *incinerator* [29] :

$$\eta = \frac{Q}{Q_f} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

η = Efisien ketel (%)

Q = Laju panas yang keluar dari *incinerator* (KJ/jam)

Q_f = Panas pembakaran di ruang bakar(KJ/jam)

2.2.4.4 Sistem Pembersih Gas

Setelah melakukan pembakaran di dalam *incenerator* maka gas yang keluar dari *incenerator* tersebut harus dimurnikan supaya gas yang tersebut tidak menimbulkan permasalahan didalam pemrosesan teknologi *incenerator* maka gas tersebut sebaiknya dimurnikan dengan *Water Scrubber* dan *Cyclone System* [27].

2.2.4.5 Menghitung *Boiler*

Boiler atau ketel uap ialah mesin atau alat yang digunakan untuk memproduksi uap pada suhu dan tekanan tertentu dengan cara memanasi air yang ada di dalamnya. Pada dasarnya ketel uap terdiri dari pipa-pipa besar maupun kecil yang dirangkai sedemikian sehingga air dan uap dapat menerima panas hasil pembakaran bahan bakar yang mengalir dibagian lain sehingga proses pembentukan uap dapat berlangsung sesuai dengan maksud desain ketel uap adapun perhitungannya sebagai berikut [29].

3a. Menghitung laju aliran masa uap :

$$M = \frac{Q}{h_2 - h_1} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana :

M = laju aliran masa uap keluar dari ketel (kg/jam)

Q = laju panas yang keluar dari *incinerator* (KJ/jam)

h1 = enthalpy air masuk ketel (KJ/kg)

h_2 = enthalpy uap keluar ketel (KJ/kg)

2.2.4.6. Menghitung Kinerja Turbin Uap

Turbin uap merupakan suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan selanjutnya diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi, dihubungkan dengan mekanisme yang akan digerakkan maka di lakukan perhitungan sebagai berikut :

1. Menghitung kualitas uap keluar turbin proses isentropik [29].

$$X_{2S} = \frac{S_{2S} - sf_2}{Sf_{g2}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

$$X_{2S} = \text{kualitas uap keluar turbin proses isentropik}$$
$$S_{2S} = \text{entropi keluar pada proses isentropik (kJ/kg)}$$

Sf_2 = entropi penguapan pada proses isentropik (kj/kg)

Sfg2 = Entropi penguapan pada proses isentropik (KJ/kg.K)



2. Menghitung entalpi keluar turbin proses isentropik

$$h_{s2} = h_{f2} + X_{2S} \times h_{fg2} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

h_{s2} = entalpi keluar turbin poses isentropik (kj/kg)

h_{f2} = entalpi cair jenuh keluaran turbin proses isentropik (kj/kg)

X_{2S} = kualitas uap keluar turbin proses isentropik

h_{fg2} = entalpi penguapan keluar turbin proses isentropik (Kj/Kg)

3. Pada langkah selanjutnya ialah menghitung kerja turbin isentropik dan kerja turbin adiabatik sebenarnya, dimana efesiensi turbin isentropik diasumsikan 96%.

$$W_S = h_3 - h_{s2} \dots\dots\dots(2.16)$$

Diamana:

W_S = keluaran kerja teoritis suatu turbin isentropik yang bekerja diantara tingkat keadaan akhir yang sama (KJ/Kg)

h_3 = etalpi uap spesifik masuk turbin (KJ/kg)

h_{s2} = entalpi keluar turbin poses isentropik (kj/kg)

4. Menghitung keluaran kerja yang dapat diukur dari suatu turbin adiabatik yang sebenarnya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$W_T = W_S \times \eta_s \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana:

W_T = Keluaran kerja yang dapat diukur dari suatu turbin adiabatik yang sebenarnya(KJ/kg)

W_S = Keluaran kerja teoritis suatu turbin isentropik yang bekerja diantara tingkat keadaan akhir yang sama (KJ/Kg)

η_s = Efesiensi turbin isentropik (%)

5. Menghitung ethalpi uap spesifik keluar turbin (kj/kg)

$$h_4 = h_3 - W_T \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

h_4 = Etalpi aup spesifik keluar turbin (kj/kg)



h_3 = Enthalpi uap spesifik masuk turbin (kJ/kg)

W_T = Keluaran kerja yang dapat diukur dari suatu turbin adiabatik yang sebenarnya (KJ/kg)

2.2.4.7. Generator

Untuk memanfaatkan energi uap dari boiler sehingga dapat berputar dan mengerakkan generator untuk menghasilkan energi listrik dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [29].

$$N_{\text{efektif}} = W_t \times M \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana :

N_{efektif} = Daya yang keluar dari turbin (KW)

W_t = keluaran kerja yang dapat diukur dari suatu turbin adiabatik yang sebenarnya (KJ/Kg)

M = Laju aliran masa uap keluar dari ketel (kg/jam)

2.2.5 Analisis Ekonomi PLTSa Teknologi *Incinerator*

Analisis ekonomi proyek merupakan suatu kajian secara ekonomi apakah suatu ide sasaran atau rencana suatu proyek akan dapat diwujudkan dengan porsi yang layak secara ekonomi. Analisis ekonomi kelayakan pemanfaatan sampah sebagai pembangkit listrik tenaga sampah maka dilakukan dengan memperhitungkan *Payback Period* (PBP), *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR) dan Parameter- Parameternya. Komponen Biayanya adalah [30]:

1. Menghitung Komponen Biaya Produksi

a. Biaya Investasi Komponen PLTSa *Incinerator*

Biaya investasi dapat di hitung sebagai berikut biaya ini bergantung pada kapasitas pembangkit, penyedia teknologi dan peralatan, biaya kontraktor dan kondisi lokasi dengan nilai biaya investasi sebesar 2100– 7000 US\$/kW [31]:

$$7000 \text{ US}\$/\text{kW} \times \text{kapasitas pembangkit} \dots \dots \dots (2.20)$$



b. Biaya O&M Pltsa Teknologi *Incinerator*

Biaya O&M pada *incineration* terbagi menjadi biaya tetap dan biaya terkait, biaya tetap dapat dinyatakan sebagai persentase dari *capital cost* untuk pembangkit listrik biomassa biayanya bekisar 1% - 6% pertahun, biaya O&M tetap terdiri dari tenaga kerja, penjaga rutin, penggantian komponen/peralatan rutin *incineration*, asuransi, dan lain-lain. Sedangkan biaya O&M terkait biasanya bergantung kepada output dari sistem, biaya terkait terdiri dari biaya bahan bakar non-biomassa, pembuangan abu, perawatan yang tidak direncanakan, dan biaya servis tambahan [31]. Biaya O&M tetap dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{a. Biaya O\&M tetap} = 6\% \times \text{Biaya Invesatasi PLTSa Incenerator} \dots \dots \dots (2.21)$$

$$\text{b. Biaya O\&M terkait} = 4 \text{ US\$} \times \text{kapasitas pembangkit} \dots \dots \dots (2.22)$$

2. Menghitung komponen pendapatan.

Komponen pendapatan yaitu hasil penjualan energi listrik kepada PLN yang dihasilkan oleh pembangkit, sama seperti perhitungan biaya komponen, perhitungan komponen dilakukan terhadap jenis teknologi yang akan dipakai. Pendapatan dari *incinerator* ini adalah keuntungan dari penjualan hasil energi listrik yang dihasilkan [30].

$$\text{a. Penjualan listrik} = \text{Produksi listrik/tahun} \times \text{Harga listrik/kWh} \dots \dots \dots (2.23)$$

2.2.5.2 Analisa Kelayakan *Financial*

Dalam rangka untuk menilai apakah proyek dapat diterima atau tidak teknik analisa *financial* yaitu melakukan analisa terhadap *Net Present Value* (NPV), Cash Flow Cost (CFC) dan *Payback Period* (PBP) terdapat di dalam [30].

1. *Cash-Flow* (CF)

Didalam menjalankan sebuah aktivitas atau sebuah proyek, tentunya akan menimbulkan sejumlah biaya untuk menjalankan proyek tersebut, baik secara langsung ataupun tidak langsung. Disisi lain akibat dari pelaksanaan proyek tersebut akan timbul juga manfaat atau keuntungan yang didapatkan, dengan demikian didalam sebuah proyek akan selalu timbul sejumlah uang pemasukan dan uang pengeluaran. Uang masuk dan uang



keluar inilah yang dinamakan *Cash Flow* (aliran uang). *Cash Flow* terbagi dua yaitu *Cash Flow Benefit* (aliran uang masuk) dan *Cash Flow Cost* (aliran uang keluar).

a. *Cash Flow Benefit* (CFB)

Cash Flow Benefit adalah aliran uang yang masuk disetiap tahun selama sistem berjalan atau umur proyek. Aliran uang yang masuk disetiap tahun dihitung berdasarkan nilai rata-rata suku bunga yang ada pada tahun pertama pelaksanaan proyek. Berikut rumus perhitungan CFB.

$$CFB = Benefit (1 + i)^{-n} \dots \dots \dots (2.24)$$

b. *Cash Flow Cost* (CFC)

Cash Flow Cost adalah aliran uang yang keluar disetiap tahun selama umur peralatan atau jangka investasi proyek. CFC juga dipengaruhi oleh *Present Worth Function* (PWF) yaitu nilai faktor bobot sekarang dengan variabel nilai suku bunga yang tersedia, berikut rumusnya :

$$PWF = (1 + i)^{-n} \dots \dots \dots (2.25)$$

$$CFC = Biaya \text{ Investasi} \times PWF \dots \dots \dots (2.26)$$

2. *Net Present Value* (NPV)

Net Present Value (NPV) adalah metode yang digunakan untuk mengetahui nilai transaksi masa depan yang mencerminkan nilai mata uang sekarang, sehingga NPV digunakan untuk melihat harga bersih dari tahun sekarang. Metode NPV merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi apakah suatu rencana investasi layak secara ekonomi atau tidak, dan kriteria kelayakan tersebut dinilai berdasarkan indikasi jika nilai $NPV > 0$ maka investasi tersebut menguntungkan atau layak untuk dibangun, namun jika $NPV < 0$ maka investasi tersebut tidak menguntungkan atau tidak layak. NPV merupakan hasil pengurangan antara *Cash Flow Benefit* (CFB) dan *Cash Flow Cost* (CFC) [30]

$$NPV = \sum_{t=0}^n CFB - CFC \dots \dots \dots (2.27)$$

Dimana :



CFB= *Cash Flow Benefit*

CFC= *Cash Flow Cost*

3. *Payback Periode (PBP)*

Waktu pengembalian modal merupakan jumlah yang diperlukan dari tahun untuk memulihkan semua biaya investasi. *PBP* dihitung menggunakan Persamaan berikut [30].

$$PBP = \frac{\text{Total Investasi}}{\text{Arus Kas Masuk Tahunan}} \dots\dots\dots(2.28)$$

2.2.5.1 Analisa Ekonomi Menggunakan *RETScreen Expert*

RETScreen Expert Clean Energy Analysis Software adalah alat terkemuka khusus ditujukan untuk memfasilitasi pra-kelayakan dan analisa kelayakan teknologi energi bersih. Ini dari alat ini terdiri dari analisa proyek standar dan terintegrasi dengan software yang dapat digunakan di seluruh dunia untuk mengevaluasi biaya produksi energi, siklus hidup dan pengurangan emisi gas rumah kaca untuk berbagai jenis energi yang diusulkan efisien dan teknologi energi terbarukan. Semua model teknologi energi bersih di *RETScreen* yang Software memiliki tampilan umum dan mengikuti pendekatan standar untuk memfasilitasi pengambilan keputusan. Setiap model juga mencakup produk terintegrasi, biaya dan database cuaca dan user manual yang rinci secara online, semua itu membantu untuk mengurangi waktu dan biaya yang terkait dengan mempersiapkan studi pra – kelayakan. Software *RETScreen* mungkin yang tercepat dan menjadi salah satu alat termudah untuk mengestimasi kelangsungan hidup serta potensi proyek energi bersih. *RETScreen* menyediakan akses ke database iklim global berdasarkan pengukuran tanah dan data satelit NASA, analisa proyek di seluruh dunia yang memungkinkan. Perangkat lunak ini tersedia dalam 35 bahasa dan termasuk database peralatan untuk komponen yang diproduksi dan tersedia di seluruh dunia [30].



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, metode yang akan digunakan dan dikembangkan adalah kuantitatif deskriptif dengan didukung oleh pengumpulan data-data mengenai potensi sampah yang ada di Kabupaten Pasaman Barat, serta di analisis pembangkit listrik dengan menggunakan bahan bakar biomasa yang berasal dari sampah di TPA Muara Klawai Pasaman barat untuk di jadikan energi listrik., kemudian menganalisa secara teknis dan ekonomis analisis ekonomi menggunakan software *RETScreen Expert*. Hasil dari penelitian ini yaitu potensi gas panas dari pemanfaatan sampah untuk dijadikan energi listrik.

3.2 Prosedur Penelitian

Secara garis besar prosedur penelitian tentang Analisis Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Teknologi *Incinerator*. sebagai pengembangan energi listrik ini dibagi menjadi 6 tahap, yaitu :

1. Tahap Perencanaan
2. Tahap Pengumpulan Data
3. Tahap Analisis Teknis dan Ekonomi
4. Tahap Analisis Hasil
5. Tahap kesimpulan dan saran.

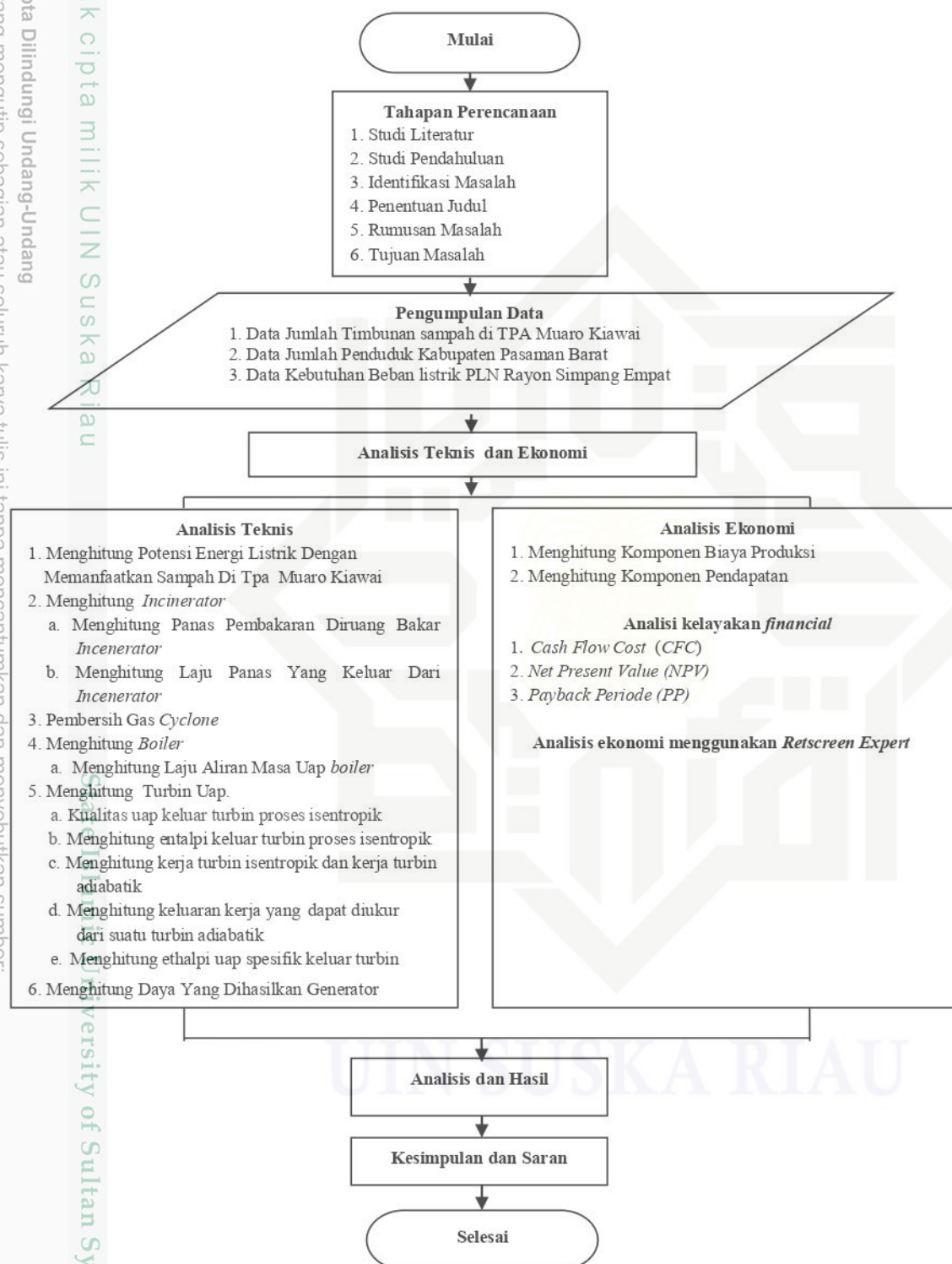
Adapun tahapan penelitian ini tercantum didalam Gambar 3.1.

Hak Cipta Ditangguhkan UIN Suska Riau
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.3 Diagram Alur Penelitian

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau



Gambar 3.1 Flowchart tahapan penelitian



3.4 Tahapan Perencanaan

Tahapan perencanaan pada penelitian ini dimulai dengan tahap studi literatur yang berkaitan dengan penelitian, melakukan studi pendahuluan, mengidentifikasi masalah, mencari rumusan masalah dan menetapkan masalah.

3.4.1 Studi Literatur

Mengumpulkan beberapa penelitian yang dibutuhkan untuk referensi pada penelitian ini, seperti Tugas Akhir, buku dan jurnal. Pada setiap penelitian yang berhubungan akan dianalisis teori yang dipakai, metode serta hasil penelitian. Pada buku akan didapat teori yang mendukung sehingga penelitian ini hasil akan lebih baik.

3.4.2 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan dilakukan untuk mengetahui apakah perancangan PLTSA Teknologi *Incinerator* layak untuk dirancang.

3.4.3 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah berisi tentang beberapa alasan dilakukannya penelitian ini, adapun identifikasi masalah pada penelitian adalah meningkatkan rasio elektrifikasi di Kabupaten Pasaman barat dengan memanfaatkan sampah yang terdapat di TPA Muaro Kiawai.

3.4.4 Penentuan Judul

Judul adalah dasar berpikir pada sebuah penelitian yang dapat menggambarkan secara garis besar penelitian yang di angkat berdasarkan permasalahan untuk sebuah solusi dari permasalahan tersebut. Oleh karena itu, judul penelitian ini adalah “Analisis Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) Teknologi *incinerator* (Studi Kasus: TPA Muaro Kiawai Pasaman Barat).

3.4.5 Rumusan Masalah

Beberapa pertanyaan yang akan dijawab pada hasil penelitian ini adalah bagaimana potensi gas panas dari sampah di TPA Muaro Kiawai serta energi listrik yang dikandungnya dan bagaimana Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) Teknologi *Incinerator* berdasarkan aspek teknis dan aspek ekonominya.

3.4.6 Tujuan Masalah

Tujuan yang akan di capai berhubungan dengan identifikasi masalah yang telah di tentukan. Tujuan yang ingin di capai adalah mengetahui secara ilmiah potensi gas panas dari dari sampah, serta melakukan perhitungan dari sampah dengan melakukan



perhitungan dengan teknologi yang digunakan, dengan memanfaatkan sampah yang ada di TPA Muaro Kiawai sebagai bahan utama Pembangkit Listrik Tenaga sampah (PLTSA) teknologi *Incinerator* yang dilihat dari aspek teknis dan ekonomi.

3.5 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan Gas panas dari sampah TPA Muaro Kiawai kemudian diaplikasikan ke Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) Teknologi *Incinerator*. Oleh sebab itu, diperlukan data untuk mendukung penelitian, antara lain:

- Data kependudukan yang didapat dari BPS Pasaman Barat.
- Data Karakteristik sampah dan Jumlah total sampah di TPA Muaro Kiawai yang berasal dari CV. Karya Anugrah Konsultan Pasaman Barat. Data ini digunakan untuk mendapatkan jumlah potensi sampah untuk perhitungan analisa teknis dan ekonomi dengan teknologi *incinerator*.
- Berdasarkan data yang didapatkan sebanyak [8].

No	Volume Sampah	Satuan	Tahun
1	599,77	Ton	2016
2	689,47	Ton	2017
3	807,26	Ton	2018
4	1.462,70	Ton	2019

- data karakteristik sampah organik Kabupatean Pasaman Barat [8].

No	KARAKTERISTIK	NILAI	SATUAN	METODE
1	Kadar Air	22.25	%	Gravimetri
2	Kadar Volatil	26.76	%	Gravimetri
3	Kadar Abu	30.99	%	Gravimetri
4	Fixed Carbon	20,00	%	Gravimetri
5	Sulfur	0	%	Gravimetri
6	Nilai Kalor	373,8	Kj/Kg	ASTM D 5865-13

- Data kebutuhan beban untuk memenuhi kebutuhan listrik di Kabupaten Pasaman Barat di dapat dari PLN Rayon Simpang Empat Pasaman Barat datanya sebesar 28.301 kW/hari dan total kapasitas 30 MVA atau 30.000 kW[6].



3.6 Analisis Teknis PLTSa Teknologi *Incinerator*

Dalam menganalisis PLTSa Teknologi *Incinerator* peneliti mengikuti acuan jurnal dan modul Pelatihan Teknologi WtE Termal Insinerasi ini disusun untuk pegangan bagi setiap peserta pelatihan sebagai materi pendukung agar peserta dapat mengevaluasi pemahaman. Modul ini menggambarkan konsep dan fitur WtE Termal Insinerasi secara keseluruhan [27].

3.6.1. Menghitung Potensi Energi Sampah

Dengan memanfaatkan sampah di TPA Muaro Kiawai Pemilihan bahan baku berdasarkan, bahan baku yang mempunyai potensi yang berkelanjutan atau ketersediannya selalu ada, serta harus mudah dimanfaatkan, pada penelitian ini bahan baku utamanya adalah sampah. Sebagai data awal di TPA Kecamatan Muaro Kiawai pada tahun 2019 menghasilkan sampah sebesar 1.462,70 Ton [8]. Pada penelitian ini, akan dihitung potensi gas panas sampah yang ada di TPA Muaro Kiawai sebagai studi kasus untuk menjadi acuan mendapatkan PLTSa Teknologi *Incinerator*. Perhitungan tersebut dengan memperhatikan parameter-parameter konversi yang membuat sampah dapat menghasilkan energi yang optimum. Parameter tersebut antara lain nilai proksimat dan ultimat sampah di TPA Muaro Kiawai, nilai *High Heating Value (HHV)*, nilai *Low Heating Value (LHV)* sampah dan perhitungan potensi sampah di TPA Muaro Kiawai. Parameter-parameter potensi energi pada sampah dihitung pada persamaan 2.1 sampai (2.8). sampai (2.10).

Tabel 4.1 Potensi Sampah di TPA Muarao Kiawai tahun 2019. [8]

Tahun	TIMBULAN SAMPAH			
	Total		Rata-Rata	
	Kg	Ton/hari	Kg/hari	Ton/hari
2016	599.770	599,77	1.643,20	1,64
2017	689.470	689,47	1.888,95	1,88
2018	807.260	807,26	2.242,38	2,21
2019	1.462.700	1.462,70	4.007,39	4



3.6.2. Menghitung *Incinerator*

Incinerator adalah suatu teknologi pengolahan sampah melalui pembakaran langsung dan terus-menerus kontinyu selama 24 jam menggunakan udara yang mencukupi dan pada temperatur tinggi. *Incinerator* material sampah mengubah sampah menjadi gas panas hasil pembakaran untuk menghitung panas pembakaran yang ada di dalam tungku *Incinerator* maka digunakan persamaan (2.11) sampai (2.12).

3.6.3. Unit Pembersih Gas

Tujuan dari sistem pembersih gas yaitu untuk menjaga konstanta kualitas gas *producer* terhadap perubahan-perubahan yang disebabkan oleh proses yang tidak berkesinambungan dan proses pengumpan. Pembersih gas berfungsi untuk menghilangkan debu dan tar yang terbawa oleh gas. Unit pembersih gas pada penelitian ini antara lain *cyclone*.

3.6.4. Menghitung Boiler

Boiler merupakan sistem pemanfaatan panas untuk memanfaatkan *flue gas* yang masih panas dari ruang bakar sehingga mampu mengubah air menjadi uap sebagai masukan turbin. Uap jatuh keluaran turbin lalu dimasukkan ke kondenser untuk didinginkan dan kemudian dipompa masuk kembali ke boiler yang dihitung pada boiler ini adalah alju aliran masa uap sehingga parameter-parameter boiler dapat dihitung pada persamaan (2.13).

3.6.5. Menghitung Kinerja Turbin uap

Turbin uap merupakan suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan selanjutnya menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi dengan dihubungkan mekanisme yang akan digerakkan maka dilakukan perhitungan pada persamaan (2.14) sampai (2.18).

3.6.6. Menghitung Generator

Generator listrik ialah sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik untuk menghitung daya bangkitan generator maka digunakan persamaan (2.19).

3.7 Analisis Ekonomi PLTSa Teknologi *Incinerator*



Analisis ekonomi proyek merupakan suatu kajian secara ekonomi apakah suatu ide sasaran atau rencana suatu proyek akan dapat diwujudkan dengan porsi yang layak secara ekonomi. Analisis ekonomi kelayakan pemanfaatan sampah sebagai pembangkit listrik tenaga sampah maka dilakukan dengan memperhitungkan *Payback Period* (PBP), *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR) dan Parameter- Parameternya Komponen Biayanya adalah :

3.7.1. Menghitung Komponen Biaya produksi

a. Perhitungan Biaya Investasi Unit PLTsa Teknologi *Incinerator*. biaya ini bergantung pada kapasitas pembangkit, penyedia teknologi dan peralatan, biaya kontraktor dan kondisi lokasi. Biaya investasi unit PLTsa teknologi *incinerator* terdiri dari investasi lahan dan unit PLTsa teknologi *incinerator*. Parameter-parameter Perhitungan biaya investasi unit PLTsa teknologi *incinerator*. (2.20)

b. Biaya *Operational Dan Maintenance* merupakan biaya untuk operasional dan pemeliharaan unit PLTsa teknologi *incinerator*. Komponen biaya *O&M* terdiri dari alat tulis kantor, gaji pelaksana dan *over head* Biaya *O&M* pada unit PLTsa teknologi *incinerator* terbagi menjadi biaya tetap dan biaya terkait, biaya tetap dapat dinyatakan sebagai persentase dari *capital cost* untuk pembangkit listrik biomassa biayanya berkisar 4% pertahun, biaya *O&M* tetap terdiri dari tenaga kerja, penjaga rutin, penggantian peralatan rutin unit PLTsa teknologi *incinerator* dan asuransi. Sedangkan biaya *O&M* terkait biasanya bergantung kepada *output* dari sistem, biaya terkait terdiri dari biaya bahan bakar *non* biomassa, biaya bahan bakar biomassa, pembuangan abu, perawatan yang tidak direncanakan dan biaya *service* tambahan Irena dalam. Biaya *O&M* unit PLTsa teknologi *incinerator* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.21) sampai (2.22).

3.7.2. Menghitung Biaya komponen pendapatan

Komponen pendapatan yaitu hasil penjualan energi listrik yang di bangkitkan oleh pembangkit, sama seperti perhitungan biaya komponen, perhitungan komponen dilakukan terhadap jenis teknologi yang akan dipakai. Pendapatan dari *incineration* ini adalah keuntungan dari penjualan hasil energi listrik yang dihasilkan dapat dihitung dengan persamaan (2.23).

3.8. Analisis Kelayakan *Financial*



Dalam rangka untuk menilai apakah proyek dapat diterima atau tidak teknik analisa *financial* yaitu melakukan analisa *Cost Benefit Analysis* (CBA) atau analisa biaya manfaat adalah suatu metode analisis yang sistematis yang bertujuan untuk membandingkan serangkaian biaya dan manfaat dengan sebuah aktifitas atau proyek.

Setelah didapatkan perbandingan maka langkah selanjutnya yaitu mengambil keputusan untuk mempertimbangkan apakah suatu rencana dari sebuah aktifitas atau proyek dapat dilanjutkan atau tidak dengan melakukan evaluasi. Dalam rangka untuk menilai apakah proyek dapat diterima atau tidak dilakukan analisis *financial*. Analisis *financial* yaitu melakukan analisis terhadap *Cash Flow*, *Net Present Value* (NPV), dan *Payback Period* (PBP) dapat dihitung menggunakan persamaan- persamaan dibawah ini.

3.8.1. *Cash Flow* (CF)

Didalam menjalankan sebuah aktivitas atau sebuah proyek, tentunya akan menimbulkan sejumlah biaya untuk menjalankan proyek tersebut, baik secara langsung ataupun tidak langsung. Disisi lain akibat dari pelaksanaan proyek tersebut akan timbul juga manfaat atau keuntungan yang didapatkan, dengan demikian didalam sebuah proyek akan selalu timbul sejumlah uang pemasukan dan uang pengeluaran. Uang masuk dan uang keluar inilah yang dinamakan *Cash Flow* (aliran uang). *Cash Flow* terbagi dua yaitu *Cash Flow Benefit* (aliran uang masuk) dan *Cash Flow Cost* (aliran uang keluar) .

a. *Cash Flow Benefit* (CFB)

Cash Flow Benefit adalah aliran uang yang masuk disetiap tahun selama sistem berjalan atau umur proyek. Aliran uang yang masuk disetiap tahun dihitung berdasarkan nilai rata-rata suku bunga yang ada pada tahun pertama pelaksanaan proyek. *Cash Flow Benefit* dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan (2.24).

b. *Cash Flow Cost* (CFC)

Cash Flow Cost adalah aliran uang yang keluar disetiap tahun selama umur peralatan atau jangka investasi proyek. CFC juga dipengaruhi oleh Present Worth Function (PWF) yaitu nilai faktor bobot sekarang dengan variabel nilai suku bunga yang tersedia. Untuk mengetahui nilai PWF dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan (2.25),



dan untuk mengetahui nilai *CFC* dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan (2.26) sampai (2.27).

3.8.2. *Net Present Value (NPV)*

Metode *NPV* digunakan untuk mengevaluasi kelayakan suatu proyek. Hal ini didasarkan pada perhitungan nilai sekarang dari arus kas dalam periode yang ditentukan waktu. Arus kas merupakan selisih antara manfaat dan biaya dari tahun ditentukan *NPV* dapat dihitung dengan persamaan (2.28).

3.8.3. *Payback Periode (PBP)*

Waktu pengembalian modal merupakan jumlah yang diperlukan dari tahun untuk memulihkan semua biaya investasi, *Energy Model* dihitung menggunakan Persamaan (2.29).

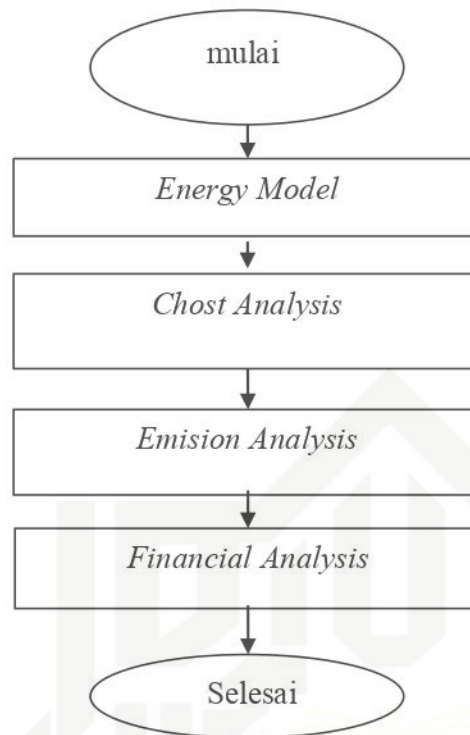
3.9. Analisis Ekonomi Teknologi *Incinerator* Menggunakan *RETScreen Expert*

RETScreen Expert Clean Energy Analysis Software adalah alat terkemuka khusus ditujukan untuk memfasilitasi pra-kelayakan dan analisa kelayakan teknologi energi bersih. Inti dari alat ini terdiri dari analisa proyek standar dan terintegrasi dengan software yang dapat digunakan di seluruh dunia untuk mengevaluasi biaya produksi energi, siklus hidup dan pengurangan emisi gas rumah kaca untuk berbagai jenis energi yang diusulkan efisien dan teknologi energi terbarukan. Semua model teknologi energi bersih di *RETScreen* yang Software memiliki tampilan umum dan mengikuti pendekatan standar untuk memfasilitasi pengambilan keputusan. Setiap model juga mencakup produk terintegrasi, biaya dan database cuaca dan user manual yang rinci secara online, semua itu membantu untuk mengurangi waktu dan biaya yang terkait dengan mempersiapkan studi pra – kelayakan [30].

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.2 Diagram Perhitungan Analisis Ekonomi Simulasi *Retscreen Expert* .

BAB V

Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan secara teknis dan ekonomi yang telah dilakukan terhadap rencana pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) di TPA Muaro Kianai dengan menggunakan teknologi *Incinerator* maka didapatkan kesimpulan dan saran sebagai berikut:

Setelah didapatkan hasil perhitungan maka didapatkan potensi energi dari timbunan sampah di TPA Muaro Kiawai didapatkan Potensinya energinya sebesar 12,657,74 Mj/kg. Untuk perhitungan teknisnya melalui proses pembakaran didalam *incinerator*,sampah organik di TPA Muaro Kiawai dengan jumlah potensi sampah organik pada tahun 2024 sebesar 1.491.954 Ton dan diasumsikan sampah organik sebanyak 1.044,368 Ton/hari maka menghasilkan panas pembakaran diruang bakar *incinerator* sebesar 17.013.630,354 Kj/Jam dan hasil jumlah kalor yang keluar dari *incinerator* sebesar 13.610.904,29 Kj/Jam, hasil hitungan laju aliran masa uap pada boiler sebesar 6.568,65,Hasil hitungan kerja turbin isentropik dan kerja turbin adiabatik sebesar 208,32 Kj/Kg sehingga potensi energi listrik yang dihasilkan generator sebesar 9.122,5 kWh/hari dan listrik yang dibangkitkan pertahun sebesar 3.056.044,2 kWh/tahun.

Berdasarkan hasil analisis ekonomi dan *finansial* diperoleh biaya investasi awal PLT Sa *incinerator* sebesar Rp 5.756.705.539,02 dan biaya operasional dan pemeliharaan sebesar Rp 366.637.658,44 dan biaya yang didapatkan didalam penjualan energi listrik pertahun sebesar Rp 3.690.173.371,5 per tahun selama umur proyek 20 tahun dan tingkat suku bunga sebesar 5% *Cash Flow Benefit* yang dihasilkan adalah sebesar Rp 46.016.461.936 dan rata-rata *Cash Flow Cost* pada tahun ke 0 sebesar 5.756.705.539,02 dan rata-rata pendapatan pertahun sebesar Rp 139.322.310,20 selama umur 20 tahun proyek dengan *NPV* yang dihasilkan sebesar Rp 41.441.798.111 dan Payback Period selama 1.7 Tahun.



Adapun beberapa saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Pada penelitian selanjutnya untuk perhitungan analisa teknis dapat menggunakan *software* agar mendapatkan hasil yang maksimal dan Praktis.
2. pada penelitian selanjutnya hasur membahas terhadap perancangan pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) teknologi incinerator di TPA Muaro Kiawai Kabupaten Pasaman Barat.
3. Pada penelittian selanjutnya harus membahas masalah penyambungan kepada PLN dengan menggunakan *software etabe* agar cara penyambungannya praktiktis dan mendapatkan hasil yang maksimal.
4. Sebaiknya kepada pemerintah di Kabupaten Pasaman Barat maupun lembaga terkait mengoptimalkan pengelolaan sampah menjadi sumber energi listrik untuk meningkatkan kualitas listrik dan pendapatan serta lingkungan.

2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Dini Nur, "Perkiraan Kebutuhan Konsumsi Energi Listrik Di Kabupaten Pati Pada Tahun 2026 Dengan Menggunakan Metode Gabungan, 2018.
- [2] BPPT (2015) *Outlook Energi Indonesia 2015*, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta. Dari www.bppt.go.id
- [3] Badan Pusat Statistik Sumatera Barat tahun 2018.
- [4] Antonof, Arif rahman. "Prakiraan Dan Analisa Kebutuhan Energi Listrik Provinsi Sumatera Barat Hingga Tahun 2024 Dengan Metode Analisis Regresi Linear Berganda". Jurnal Teknik ITP, Volume 4, Juli 2015.
- [5] Bupati Pasaman Barat Propinsi Sumatra Barat. "Pedoman Penyusunan Anggaran Pendapatan Dan Belanja Nagari". Peraturan Bupati Pasaman Barat No. 13. Tahun 2018.
- [6] PT.PLN (Persero) Pasaman Barat 2018.
- [7] Badan Pusat Statistik Pasaman Barat 2018
- [8] CV. Karya Anugerah Sultan. "Penyusunan Perencanaan Teknis Dan Manajemen Persampahan (PTMP) Kabupaten Pasaman Barat. Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat". 2019.
- [9] E. Maulana, Abdul Muiz Liddinillah Sanfiyan, Yuri Ardiansyah Amin. "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Organik *Zero Waste* Di Kabupaten Tegal (Studi Kasus Di Tpa Penujah Kabupaten Tegal)". Jurnal Teknik Mesin". 2017
- [10] Safrizal. "Distributed *Generation* Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kota (Pltsa) Type *Incinerator* Solusi listrik Alternatif Kota Medan". Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Nahdlatul Ulama (UNISNU) Jepara. Prosiding SNATIF Ke -1. ISBN: 978-602-1180-04-4.2014.
- [11] ESDM. (2017). Peraturan Menteri ESDM No. 12 Tahun 2017.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- [12] Nursaman, I Made Gusmara. (2015). *Analisis pengaruh interkoneksi distributed generation (PLTA Suwung) terhadap rugi-rugi daya dan keandalan pada penyulang Serang*. Teknologi Elektro, Vol. 14, No. 2, Juli-Desember 2015. ISSN 1693-2951
- [13] Thohiroh, Nur A. (2017). *Desain pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) menggunakan teknologi pembakaran yang fisibel studi kasus TPST Bantargebang*. SENTER 2017, 15-16 Desember 2017, pp. 212-224. ISBN: 978-602-512-810-3.
- [14] M. Rina, Nur Afifah, Thohiroh, "Desain Pembangkit Listrik TenagaSampah (PLTSa) Menggunakan Teknologi Pembakaran Yang Fisibel Studi KasusTPST Bantargebang". Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung, 15-16 Desember 2017.
- [15] P. Trisaksono Bagus. "Pengelolaan Dan Pemanfaatan Sampah Menggunakan Teknologi Incenerator". Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol. 3, No. 1. 2002.
- [16] M. Rivandi, E. Kurniawan, P. Pangaribuan. "Analisis Incinerator Sebagai Pembangkit Listrik". ISSN : 2355-9365. e-Proceeding of Engineering : Vol.5, No.2 Agustus 2018.
- [17] Yusrizal, M. Qadri. "Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kapasitas 1000 Watt Dengan Proses Insinerasi". SEMDI UNAYA. 2017.
- [18] Sukamta, A. Wiranata, Thoharuddin. "Pembuatan Alat *Incinerator* Limbah Padat Medis Skala Kecil". JURNAL ILMIAH SEMESTA TEKNIKA Vol. 20, No.2, 147-153, November. 2017.
- [19] Hermansyah. "Rancang Bangun Insinerator Dua Tahap Solusi Mengatasi Polusi Udara Pada Pembakaran Sampah". Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. 2017.
- [20] A. Bionita, "Studi Pengolahan Sampah Menjadi Energi Listrik Dengan Metode Insinerasi Di Tpa Putri Cempo". Program Studi DIII Teknik Sipil fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. 2017.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- [21] C. Francesco, S. Ulgiati. "Crop residues as raw materials for biorefinery m" A LCA case study. 2010.
- [22] Marfuatun. "Potensi Pemanfaatan Sampah Organik". Jurusan pendidikan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta. 2013.
- [23] A. Ni Komang Ayu. "Peran Serta Masyarakat Dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga". Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang. 2008.
- [24] M. Fadly, "Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTB) On-Grid System dari Sampah Organik di Kota Pekanbaru", Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Pekanbaru. 2016.
- [25] Ikhsandri. "Kajian Infrastruktur Pengolahan Sampah Di Kawasan Berkembang Jakabaring Kelurahan 15 Ulu Kota Palembang". Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol. 2. No. 1. 2014.
- [26] D. Enri, T. Padmi. "Pengelolaan Sampah". Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung. 2010.
- [27] Modul 09 – Teknologi Termal WtE Berbasis Proses Pembakaran (Insinerasi), Kepala pusat pendidikan dan pelatihan jalan, perumahan, pemukiman dan pengembangan infrastruktur wilayah, Bandung Oktober 2018.
- [28] S. Gilang. "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) di Pekanbaru". Fakultas Sains dan Teknologi Uin Suska Riau. 2018.
- [29] S. Riza, K. Anwar. "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kapasitas 115 Kw (Studi Kasus Kota Tegal)". Jurnal Elektum Vol. 15 No. 2. 2018.
- [30] W. Heri Harianto. "Analisis Teknis Dan Ekonomi Produksi Biogas Dengan Memanfaatkan Feses (Kotoran Manusia) Sebagai Pengembangan Energi Listrik di kota Pekanbaru" Fakultas sains dan teknologi Uin suska riau. 2019

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

[31]

Irena.” *Renewable Power Generation cost in*” 2018



UIN SUSKA RIAU



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

ADRIYANI SAPUTRA, lahir di Simpang Empat Tanggal 27 Desember dan merupakan anak kedua dari pasangan bapak Sainal Adri dan ibu Martayani yang beralamat di Simpang Tonang kabupaten Pasaman.

Email : Adriyanisaputra144@gmail.com

HP : 085265565560

Pengalaman pendidikan yang dilalui dimulai pada SDN 59 Pujarahayu di Pasaman Barat tahun 2001 – 2007 dan dilanjutkan di SMPN 1 Dua Koto tahun 2007 – 2010. Setamat SMP pendidikan dilanjutkan di SMAN 1 Luhak Nan Duo hingga tahun 2013. Kemudian kuliah di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau dan lulus tahun 2020 dengan predikat memuaskan dengan judul penelitian "Analisis Teknis Dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Teknologi *Incenerator*".

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

